



**COMPARACIÓN DE LOS PARÁMETROS HIDROLÓGICOS, ECONÓMICOS,
SOCIALES Y AMBIENTALES DE LAS CUENCAS DEL CANAL DE PANAMÁ Y
EL CANAL DEL DIQUE PARA EL APROVECHAMIENTO HÍDRICO**

ANGIE TATIANA WILCHES CASTIBLANCO


CÓDIGO ESTUDIANTIL: 504396

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE COLOMBIA

FACULTAD DE INGENIERÍA

PROGRAMA DE INGENIERÍA CIVIL

OCTUBRE 2018

| | | |
|--|-------------------------|---|
|  UNIVERSIDAD CATÓLICA de Colombia FACULTAD DE INGENIERÍA PROGRAMA DE INGENIERÍA CIVIL | TRABAJO DE GRADO | FECHA: Octubre de 2018 VERSIÓN 2 |
|--|-------------------------|---|

**COMPARACIÓN DE LOS PARÁMETROS HIDROLÓGICOS, ECONÓMICOS,
SOCIALES Y AMBIENTALES DE LAS CUENCAS DEL CANAL DE PANAMÁ Y
EL CANAL DEL DIQUE PARA EL APROVECHAMIENTO HÍDRICO**

ANGIE TATIANA WILCHES CASTIBLANCO

CÓDIGO ESTUDIANTIL: 504396

VISITA TÉCNICA INTERNACIONAL

PREGRADO ACADÉMICO

**INGENIERO CIVIL MAGISTER RECURSOS HIDRÁULICOS JESÚS ERNESTO
TORRES QUINTERO**

DIRECTOR DE PROYECTO


UNIVERSIDAD CATÓLICA DE COLOMBIA

FACULTAD DE INGENIERÍA

PROGRAMA DE INGENIERÍA CIVIL

BOGOTÁ D.C.

OCTUBRE 2018

| | | |
|--|-------------------------|---|
|  UNIVERSIDAD CATÓLICA de Colombia FACULTAD DE INGENIERÍA PROGRAMA DE INGENIERÍA CIVIL | TRABAJO DE GRADO | FECHA: Octubre de 2018 VERSIÓN 2 |
|--|-------------------------|---|

LICENCIA CREATIVE COMMONS:



La presente obra está bajo una licencia:
Atribución-NoComercial 2.5 Colombia (CC BY-NC 2.5)
 Para leer el texto completo de la licencia, visita:
<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/2.5/co/>

Usted es libre de:



Compartir - copiar, distribuir, ejecutar y comunicar públicamente la obra
 hacer obras derivadas


Bajo las condiciones siguientes:



Atribución — Debe reconocer los créditos de la obra de la manera especificada por el autor o el licenciant (pero no de una manera que sugiera que tiene su apoyo o que apoyan el uso que hace de su obra).



No Comercial — No puede utilizar esta obra para fines comerciales.


| | | |
|--|-------------------------|---|
|  UNIVERSIDAD CATÓLICA de Colombia FACULTAD DE INGENIERÍA PROGRAMA DE INGENIERÍA CIVIL | TRABAJO DE GRADO | FECHA: Octubre de 2018 VERSIÓN 2 |
|--|-------------------------|---|

Notas de aceptación

Firma del presidente del jurado

Firma del jurado

Firma del jurado

| | | |
|--|-------------------------|---|
|  UNIVERSIDAD CATÓLICA de Colombia FACULTAD DE INGENIERÍA PROGRAMA DE INGENIERÍA CIVIL | TRABAJO DE GRADO | FECHA: Octubre de 2018 VERSIÓN 2 |
|--|-------------------------|---|

DEDICATORIA

Doy gracias a la universidad Católica de Colombia, por permitir formarme como profesional, a mis compañeros y profesores que hicieron parte durante mi proceso en la institución.

A mi familia por ese gran apoyo que me han brindado, en especial a mi abuela que ha hecho todo lo posible para que alcance mis sueños, a ella por brindarme su amor, por sus consejos, por la motivación de hacerme crecer siempre como persona.

Al ingeniero Jesús Ernesto por guiarme durante el trayecto de la monografía.




| | | |
|--|-------------------------|---|
|  UNIVERSIDAD CATÓLICA de Colombia FACULTAD DE INGENIERÍA PROGRAMA DE INGENIERÍA CIVIL | TRABAJO DE GRADO | FECHA: Octubre de 2018 VERSIÓN 2 |
|--|-------------------------|---|

TABLA DE CONTENIDO

| | | |
|--------|---|----|
| 1. | GENERALIDADES. | 15 |
| 1.1. | ANTECEDENTES. | 15 |
| 1.1. | PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA. | 16 |
| 1.1.1. | Descripción del Problema | 16 |
| 1.1.2. | Formulación del Problema. | 17 |
| 1.2. | OBJETIVOS. | 17 |
| 1.2.1. | Objetivo General. | 17 |
| 1.2.2. | Objetivos Específicos. | 17 |
| 1.3. | JUSTIFICACIÓN | 18 |
| 1.4. | DELIMITACIÓN | 18 |
| 1.4.1. | Espacio | 18 |
| 1.4.2. | Tiempo | 19 |
| 1.4.3. | Contenido. | 19 |
| 1.4.4. | Alcance | 19 |
| 2. | MARCO DE REFERENCIA. | 20 |
| 2.1. | MARCO TEÓRICO. | 20 |
| 2.1.1. | Información general de la Cuenca del Canal de Dique. | 20 |
| 2.1.2. | Información de la Cuenca Baja del Río Magdalena. | 22 |
| 2.1.3. | Hidrología. | 23 |
| 2.1.4. | Estaciones Hidrométricas. | 24 |
| 2.1.5. | Caudal. | 25 |
| 2.1.6. | Sedimentación. | 27 |
| 2.1.7. | Problemática Ambiental en la Sub-región en la Cuenca del Canal del Dique. | 30 |
| 2.1.8. | Canal del Dique | 31 |
| 2.1.9. | Precipitaciones. | 34 |

| | | |
|--|-------------------------|---|
|  UNIVERSIDAD CATÓLICA de Colombia FACULTAD DE INGENIERÍA PROGRAMA DE INGENIERÍA CIVIL | TRABAJO DE GRADO | FECHA: Octubre de 2018 VERSIÓN 2 |
|--|-------------------------|---|


| | | |
|---------|---|----|
| 2.1.10. | Climatología. | 34 |
| 2.1.11. | Demografía..... | 35 |
| 2.1.12. | Economía..... | 36 |
| 2.1.13. | Calidad del Agua..... | 38 |
| 2.2. | Información general de la cuenca del canal de panamá. | 38 |
| 2.2.1. | Hidrología..... | 40 |
| 2.2.2. | Precipitación. | 42 |
| 2.2.3. | Estaciones Hidrométricas..... | 42 |
| 2.2.4. | Caudal | 43 |
| 2.2.5. | Sedimentación. | 44 |
| 2.2.6. | Infraestructura portuaria y de navegación. | 45 |
| 2.2.7. | Problemática Ambiental en la Cuenca del Canal de Panamá | 46 |
| 2.2.8. | Canal de Panamá..... | 47 |
| 2.2.9. | Climatología | 50 |
| 2.2.10. | Demografía..... | 51 |
| 2.2.11. | Calidad del Agua..... | 51 |
| 2.2.12. | Economía..... | 52 |
| 2.3. | MARCO LEGAL..... | 52 |
| 2.3.1. | Normatividad en el Canal de Panamá..... | 52 |
| • | Régimen jurídico del <i>agua</i> en Panamá | 52 |
| 2.3.2. | Normatividad en Colombia | 53 |
| 2.4. | ESTADO DEL ARTE. | 54 |
| 2.5. | METODOLOGÍA. | 54 |
| 2.6. | ANÁLISIS Y COMPARACIÓN ENTRE LAS CUENCAS HIDROGRÁFICAS DEL CANAL DEL DIQUE Y EL CANAL DE PANAMÁ. | 56 |
| 3. | CONCLUSIONES | 60 |
| 4. | BIBLIOGRAFÍA..... | 62 |

| | | |
|--|-------------------------|---|
|  UNIVERSIDAD CATÓLICA de Colombia FACULTAD DE INGENIERÍA PROGRAMA DE INGENIERÍA CIVIL | TRABAJO DE GRADO | FECHA: Octubre de 2018 VERSIÓN 2 |
|--|-------------------------|---|

Tablas


Tabla 1. Características Climatológicas 34

Tabla 2. Comparación entre las Cuencas Hidrograficas del Canal de Dique y el Canal de Panamá.**¡Error! Marcador no definido.**

| | | |
|--|-------------------------|---|
|  UNIVERSIDAD CATÓLICA de Colombia FACULTAD DE INGENIERÍA PROGRAMA DE INGENIERÍA CIVIL | TRABAJO DE GRADO | FECHA: Octubre de 2018 VERSIÓN 2 |
|--|-------------------------|---|

Figuras

| | |
|--|----|
| Figura. 1 Ubicación de la cuenca del canal del Dique | 19 |
| Figura. 2 Localización de Estaciones Hidrométricas. | 24 |
| Figura. 3 Variación de Caudales Según su Area. | 25 |
| Figura. 4 Balance Hídrico Actual de la Zona del Canal del Dique | 26 |
| Figura. 5. Balance Sedimentológico Actual en la Zona del Canal del Dique..... | 27 |
| Figura. 6. Curva de Derivación de Caudales Líquidos del Canal del Dique..... | 28 |
| Figura. 7. Subregión Canal del Dique. Municipios que lo Conforman..... | 31 |
| Figura. 8. Canal del Dique. | 32 |
| Figura. 9 Ubicación de la cuenca del canal de Panamá..... | 38 |
| Figura. 10. Caudales Anuales Promedio de los Principales ríos Tributarios..... | 42 |
| Figura. 11. Producción de los Sedimentos Suspendidos 2010 | 44 |
| Figura. 12. Ruta de Navegación Interoceánica | 48 |
| Figura. 13. Buques Panamax..... | 49 |
| Figura. 14. Esclusas de Miraflores. | 50 |

| | | |
|--|-------------------------|---|
|  UNIVERSIDAD CATÓLICA de Colombia FACULTAD DE INGENIERÍA PROGRAMA DE INGENIERÍA CIVIL | TRABAJO DE GRADO | FECHA: Octubre de 2018 VERSIÓN 2 |
|--|-------------------------|---|

GLOSARIO.

ACP: Autoridad del Canal de Panamá

Clima: Conjunto de condiciones atmosféricas propias de un lugar, constituido por la cantidad y frecuencia de lluvias, la humedad, la temperatura, los vientos, etc., y cuya acción compleja influye en la existencia de los seres sometidos a ella.

CHCP: Cuenca Hidrográfica del Canal de Panamá

Cuenca: Una cuenca hidrográfica es un territorio drenado por un único sistema de drenaje natural, es decir, que sus aguas dan al mar a través de un único río, o que vierte sus aguas a un único lago endorreico.


Demografía: Estudio estadístico de las poblaciones humanas según su estado y distribución en un momento determinado o según su evolución histórica.

Fisiografía: La geografía física (conocida en un tiempo como **fisiografía**, término ahora en desuso) es la rama de la geografía que estudia en forma sistémica y espacial, la superficie terrestre considerada en su conjunto y específicamente, el espacio geográfico natural.

Hidrografía: Estudio de las propiedades físicas, químicas y mecánicas del agua continental y marítima, su distribución y circulación en la superficie de la Tierra, en el suelo y en la atmósfera.


IDEAM: Instituto de Hidrología y Estaciones Ambientales de Colombia

Precipitación: precipitación es cualquier forma de hidrometeoro que cae de la atmósfera y llega a la superficie terrestre. Este fenómeno incluye lluvia, llovizna, nieve, aguanieve, granizo

| | | |
|--|-------------------------|---|
|  UNIVERSIDAD CATÓLICA de Colombia FACULTAD DE INGENIERÍA PROGRAMA DE INGENIERÍA CIVIL | TRABAJO DE GRADO | FECHA: Octubre de 2018 VERSIÓN 2 |
|--|-------------------------|---|


Puerto: Lugar resguardado del viento a la orilla del mar o de un río donde las embarcaciones pueden detenerse y permanecer seguras, que dispone de instalaciones para hacer reparaciones o realizar operaciones de embarque y desembarque¹

¹ Fuente definiciones: Diccionario de Google.

| | | |
|--|-------------------------|---|
|  UNIVERSIDAD CATÓLICA de Colombia FACULTAD DE INGENIERÍA PROGRAMA DE INGENIERÍA CIVIL | TRABAJO DE GRADO | FECHA: Octubre de 2018 VERSIÓN 2 |
|--|-------------------------|---|

RESUMEN

Este trabajo se desarrolló, a partir de la visita Técnica Internacional al Canal de Panamá, conociendo así la función y la importancia que el recurso hídrico significa para el desarrollo del Canal y de las zonas que se benefician económicamente de la Cuenca Hidrográfica del Canal de Panamá, generando dudas sobre el manejo económico y ambiental, las normas existentes en Colombia que protejan el recurso hídrico, más específicamente en la Cuenca Hidrográfica del Canal de Dique, conociendo así el aprovechamiento hídrico de esta zona.

| | | |
|--|-------------------------|---|
|  UNIVERSIDAD CATÓLICA de Colombia FACULTAD DE INGENIERÍA PROGRAMA DE INGENIERÍA CIVIL | TRABAJO DE GRADO | FECHA: Octubre de 2018 VERSIÓN 2 |
|--|-------------------------|---|

FICHA TÉCNICA

TÍTULO

Comparación de los parámetros hidrológicos, económicos, sociales y ambientales de las cuencas del canal de Panamá y el canal del Dique para el aprovechamiento hídrico.

ALTERNATIVA

Visita técnica internacional: Intervención por parte del estudiante en el desarrollo de un proyecto de investigación a través de la cátedra impartida dentro del proceso académico actualmente existente.


LÍNEA DE INVESTIGACIÓN Y EJE TEMÁTICO

LINEA DE INVESTIGACIÓN

Gestión y Tecnologías para la Sustentabilidad de las Comunidades

EJE TEMÁTICO

Diagnóstico y comparación de los parámetros hidrológicos de las cuencas del canal de Panamá y el canal del Dique (costa Caribe de Colombia).

| | | |
|--|-------------------------|---|
|  UNIVERSIDAD CATÓLICA de Colombia FACULTAD DE INGENIERÍA PROGRAMA DE INGENIERÍA CIVIL | TRABAJO DE GRADO | FECHA: Octubre de 2018 VERSIÓN 2 |
|--|-------------------------|---|

INTRODUCCIÓN

En la actualidad la hidrología tiene un papel importante en el planeamiento del uso de los recursos hídricos, ha llegado a convertirse en una parte fundamental en la evolución de proyectos de ingeniería, los estudios y diseños de cualquier obra que contemple el recurso hídrico se han vuelto esenciales en la actualidad, ya que a partir de estos estudios y diseños se desglosan diferentes proyectos de infraestructura para el desarrollo socioeconómico.


El presente trabajo tiene como fin mostrar la importancia de los estudios hidrológicos en las cuencas hidrográficas del Canal de Panamá y el Canal del Dique, para conocer analizar y concluir la eficiencia del manejo de los recursos hídricos que representan las Cuencas, en ámbitos económicos, sociales y ambientales.

El documento se basará en la comparación de la Cuenca del Canal de Dique, esta cuenca representa aproximadamente una superficie de 4500 km², se encuentra dividida en dos (2) partes, la primera ocupa el 46% en la zona norte y el 54% en la zona sur, los cuales contienen ecosistemas variados de bosque seco, muy seco y enclaves a zonales más húmedos².

Por otra parte, la Cuenca del Canal de Panamá abarca 3313 km², contempla 42 corregimientos ubicados en 7 distritos de las provincias de Panamá y Colón, esta conformada por una intrincada red de Sub-Cuencas de ríos y quebradas que drenan hacia los lagos Alajuela, Gatún y Miraflores, esta cuenca constituye una de las áreas de mayor importancia dentro de la República de Panamá.³

² Revista Semana. Viloria, Alvaro. Canal del Dique Una Prioridad Nacional, 2006.

³ Centroamericaverde. Estelí Campos, Edilma. La cuenca Hidrográfica del Canal de Panamá, 2016.

| | | |
|--|-------------------------|---|
|  UNIVERSIDAD CATÓLICA de Colombia FACULTAD DE INGENIERÍA PROGRAMA DE INGENIERÍA CIVIL | TRABAJO DE GRADO | FECHA: Octubre de 2018 VERSIÓN 2 |
|--|-------------------------|---|

1. GENERALIDADES.

1.1. ANTECEDENTES.


Un primer trabajo corresponde al departamento de ambiente, agua y energía (2010), quien realizó *“programa de incentivos económicos ambientales”*, en este documento se habla de proteger el recurso hídrico para la operación del canal de Panamá y la producción de agua potable para las poblaciones.

“Análisis de Escenario de Desarrollo y Plan Indicativo de Ordenamiento Territorial Ambiental de la Región Occidental de la Cuenca del Canal de Panamá” representa los intensos y extensos estudios ambientales y culturales, socioeconómicos y socioculturales que por el lapso de unos tres años diferentes consorcios realizaron para la Autoridad del Canal de Panamá en la región.

“Plan de Desarrollo Sostenible y Gestión Integrada de los Recursos Hídricos de la Cuenca Hidrográfica del Canal de Panamá” tuvo como objetivo maximizar el bienestar social y económico en la Cuenca, sin comprometer la sostenibilidad de los sistemas naturales y culturales que la caracterizan. El propósito es guiar las intervenciones e inversiones dentro de la Cuenca, bajo una coordinación de las acciones.

“El canal del dique y su subregión: una economía basada en la riqueza hídrica” tiene como objetivo indagar sobre los aspectos geográficos, ambientales, demográficos, sociales y económicos de la subregión Canal del Dique, que permitan determinar sus limitaciones y potencial productivo.

Programa cooperativo interinstitucional para el ordenamiento, manejo y administración de la cuenca hidrográfica del complejo de humedales del canal del Dique (2007), realizaron el *“plan de ordenamiento y manejo de la cuenca hidrográfica del complejo de humedales del canal del Dique”*. Contiene el desarrollo del plan de ordenamiento y manejo de la cuenca hidrográfica del canal del Dique, habla del uso y el manejo

| | | |
|--|-------------------------|---|
|  UNIVERSIDAD CATÓLICA de Colombia FACULTAD DE INGENIERÍA PROGRAMA DE INGENIERÍA CIVIL | TRABAJO DE GRADO | FECHA: Octubre de 2018 VERSIÓN 2 |
|--|-------------------------|---|

sostenible de los recursos naturales renovables en pro de mantener o reestablecer un adecuado equilibrio entre el aprovechamiento económico de estos y la conservación del recurso hídrico.

Este trabajo se relaciona con las investigaciones anteriormente mencionadas, ya que muestran la parte fundamental de la importancia del cuidado de los recursos hídricos, para poder crear un funcionamiento cíclico que sea altamente efectivo en cuanto al beneficio económico, social y ambiental, encontrando los factores positivos, negativos y aquellos a los que se les puede incluir nuevos planes de desarrollo.

1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.


1.1.1. Descripción del Problema.

En la actualidad, el cuidado y correcto uso de los recursos naturales como el agua es de gran importancia para los diferentes países alrededor del mundo, se ha vuelto una necesidad que hace partícipes a todos los que habitan la tierra.

El crecimiento y desarrollo que conlleva un país, repercute negativamente en los recursos hídricos naturales ya que no existen medidas que permitan llevar un control que sea verdaderamente funcional, que se utilice el recurso y de igual forma se contribuya para que su desgaste sea mínimo.

Es un tema que debe ser relevante, pero lastimosamente la falta de conocimiento lleva a que el uso inadecuado del recurso este más presente, que procurar preservar el agua, no se existe la capacidad de entender que sin este básicamente todo ser vivo no subsistiría.

Por todo esto es necesario analizar los escenarios que algunas naciones han planteado, para promover el buen uso de los recursos hídricos que nos brinda Colombia.

| | | |
|--|-------------------------|---|
|  UNIVERSIDAD CATÓLICA de Colombia FACULTAD DE INGENIERÍA PROGRAMA DE INGENIERÍA CIVIL | TRABAJO DE GRADO | FECHA: Octubre de 2018 VERSIÓN 2 |
|--|-------------------------|---|

1.1.2. Formulación del Problema.

A partir de la comparación entre los parámetros hidrológicos, económicos, sociales y ambientales entre la cuenca del canal Panamá y la cuenca del canal del Dique. ¿Qué tan viables son los planes de aprovechamiento de los recursos hídricos a nivel social, ambiental y económico para el desarrollo y cuidado de los recursos en Colombia?


1.2. OBJETIVOS.

1.2.1. Objetivo General.

- Comparar e identificar los parámetros hidrológicos que se encuentran en las cuencas del canal de Panamá y el canal del Dique, en base a la obtención de información de carácter técnico, operativo e hídrico de la visita técnica al canal de Panamá, de esta forma conocer y concluir los aspectos claves en el uso y cuidado del recurso.

1.2.2. Objetivos Específicos.

- Reconocer qué aspectos ambientales, económicos y sociales se manejan en las zonas de estudio para identificar la postura que maneja cada canal frente al cuidado del recurso hídrico.
- Identificar parámetros fisiográficos se encuentran en las cuencas hidrográficas del canal de Panamá y el canal del Dique, para conocer los eventos que se pueden presentar al hacer uso de los recursos naturales que proporcionan estas, y así conocer si las medidas adoptadas son efectivas para no perjudicar las zonas de uso.

| | | |
|--|-------------------------|---|
|  UNIVERSIDAD CATÓLICA de Colombia FACULTAD DE INGENIERÍA PROGRAMA DE INGENIERÍA CIVIL | TRABAJO DE GRADO | FECHA: Octubre de 2018 VERSIÓN 2 |
|--|-------------------------|---|

- Identificar la producción de sedimentos en las cuencas del canal de Panamá y el canal del Dique, para reconocer la variación de los procesos de erosión, considerando como base las características que contribuyan al aprovechamiento hídrico.
- Reconocer las características de cada una de las cuencas, y así identificar que tan bueno ha sido el uso en cuanto al aprovechamiento hídrico de las mismas, además de conocer si existen daños irreparables por el excesivo aprovechamiento de los recursos naturales.

1.3. JUSTIFICACIÓN


Con el fin de mejorar las condiciones de manejo de los recursos hídricos en la cuenca del Canal del Dique y los cuerpos de agua que desprenden de este, conociendo los aspectos principales como la sedimentación, evotranspiración, el nivel de los caudales y las características que lo acompañan, se realizó la comparación con la cuenca del Canal de Panamá, de esta forma plantear nuevas opciones del recurso hídrico para que el aprovechamiento sea beneficioso tanto para la población, la economía y el medio ambiente.

1.4. DELIMITACIÓN

1.4.1. Espacio

El proyecto tuvo lugar en dos espacios, el primero se encuentra en la cuenca del Canal del Dique y el segundo en la Cuenca del Canal de Panamá.

Mediante la visita técnica internacional, que ofrece la Institución en la ciudad de Panamá se realizaron dos recorridos, en las esclusas de Cocoliso y Mira Flores, además de ir a la

| | | |
|--|-------------------------|---|
|  UNIVERSIDAD CATÓLICA de Colombia FACULTAD DE INGENIERÍA PROGRAMA DE INGENIERÍA CIVIL | TRABAJO DE GRADO | FECHA: Octubre de 2018 VERSIÓN 2 |
|--|-------------------------|---|

Universidad Tecnológica de Panamá, aunque no se realizó la visita directa a la cuenca, en las conferencias brindadas, la importancia del recurso hídrico era tema principal en cada una de estas, ya que mediante la Cuenca se beneficia la economía tanto de la población que la usa directamente, como la del Canal de Panamá.

La información se recogió a partir de artículos, de la página principal del canal de panamá y estudios que se han realizado en el transcurso del tiempo en que este lleva en funcionamiento.

1.4.2. Tiempo

El tiempo estimado para cumplir con los objetivos propuestos y cumplir las expectativas del proyecto es de aproximadamente cuatro (4) meses durante el periodo 2018-2.


1.4.3. Contenido

La dificultad para analizar el aprovechamiento de los recursos hídricos, económicos, ambientales y sociales de las cuencas del Canal del Dique y el Canal de Panamá fue la obtención oportuna de la información.

Demoras al momento de solicitar la información en las diferentes entidades nacionales (Colombia).

1.4.4. Alcance

Se proyecta realizar una comparación entre los países involucrados sobre el manejo de los recursos hídricos y de cómo esto afecta a la población, la economía y el medio ambiente, mediante la información y el conocimiento adquirido en Visita Técnica Internacional al Canal de Panamá y en el proceso de investigación se pretende generar sugerencias que mejoren el manejo de los recursos hídricos de la Cuenca del Canal del Dique y los cuerpos de agua que desprenden de este.

| | | |
|--|-------------------------|---|
|  UNIVERSIDAD CATÓLICA de Colombia FACULTAD DE INGENIERÍA PROGRAMA DE INGENIERÍA CIVIL | TRABAJO DE GRADO | FECHA: Octubre de 2018 VERSIÓN 2 |
|--|-------------------------|---|

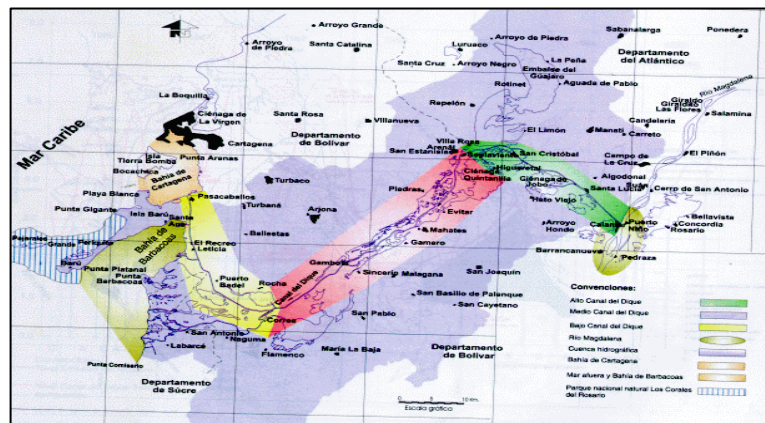
2. MARCO DE REFERENCIA

2.1. MARCO TEÓRICO.

2.1.1. Información general de la Cuenca del Canal de Dique.

La cuenca hidrográfica del canal del Dique se encuentra en el extremo Norte del curso del río Magdalena, sobre la zona deltaica de su desembocadura en el mar caribe Figura 1.⁴

Figura 1. Ubicación de la cuenca del canal del Dique




Fuente: datuopinion.com/canal-del-dique

Sus coordenadas geográficas 9°45' y 10°45' de latitud Norte los 74°45' y 75°30' de longitud Oeste. Hacia el Norte se extiende hasta la serranía del Piojó, en el departamento del Atlántico y hacia el sur hasta la Serranía de San Jacinto, en el Departamento de Bolívar. Por el oriente limita con el río Magdalena, donde se origina el canal de Dique, y por el Oeste con el mar Caribe, en donde desemboca en varias bocas.⁵

De acuerdo con sus características fisiográficas, hidrológicas y topográficas, la subregión está subdividida en tres sectores:

⁴ Revista Semana. Viloria, Álvaro. Canal del Dique Una Prioridad Nacional, 2006.

⁵ Revista Semana. Viloria, Alvaro. Canal del Dique Una Prioridad Nacional, 2006.

| | | |
|--|-------------------------|---|
|  UNIVERSIDAD CATÓLICA de Colombia FACULTAD DE INGENIERÍA PROGRAMA DE INGENIERÍA CIVIL | TRABAJO DE GRADO | FECHA: Octubre de 2018 VERSIÓN 2 |
|--|-------------------------|---|


- **Aspectos Geológicos:** Las características de estas rocas corresponden a areniscas, limolitas, lodolitas, conglomerados y calizas.
- **Subsistemas Cuencas del Canal del Dique:** Conformado por las sub-cuencas más importantes que conforman la cuenca general del canal del Dique. Entre las corrientes principales se encuentran la ciénaga del Jobo, el embalse del Guajiro, el conjunto cenagoso de capot, Tupe y Zarzal, las Cien gagas de las Ceibas e Igual Claras y de María la Baja.
- **Condiciones Climáticas:** La precipitación en la cuenca está influenciado por el desplazamiento en la zona de convergencia intertropical. La precipitación media multianual es de 1290 mm, y aumenta desde el litoral hacia el interior entre, 1000 mm y 1800 mm, con el 90% entre abril y noviembre. La evotranspiración potencial es de 1220 mm/año. Las temperaturas medias anuales oscilan entre 28º y 30ºC, la humedad relativa fluctúa entre 75 y 85 %. ⁶

La pesca, la agricultura y la ganadería son las fuentes principales de la economía. Esto conlleva al fraccionamiento del habitat por acciones antrópicas, ya que repercute en la contaminación del agua por los desechos líquidos y sólidos.

El Canal del Dique, como tantos otros sitios vitales y estratégicos del país por proveer bienes y servicios ambientales y por generar desarrollo económico y social, se define institucionalmente hablando “*en la tradición política ambiental*” como un Ecosistema Estratégico que se concibe institucionalmente de manera aislada, lo cual impide de una manera eficaz el tratamiento jurídico, administrativo, técnico.⁷

⁶ Banco de la República. Aguilera Díaz, María M. Una Economía Basada en la Riqueza Hídrica.

⁷ Revista Semana. Viloria, Álvaro. Canal del Dique Una Prioridad Nacional, 2006.

| | | |
|--|-------------------------|---|
|  UNIVERSIDAD CATÓLICA de Colombia FACULTAD DE INGENIERÍA PROGRAMA DE INGENIERÍA CIVIL | TRABAJO DE GRADO | FECHA: Octubre de 2018 VERSIÓN 2 |
|--|-------------------------|---|

La Cuenca del Canal del Dique, hace parte de un área especial de manejo especial, declarada por el Gobierno Nacional desde el año 1978, este es el decreto ejecutivo 1751 el cual hasta la fecha continúa vigente.

En la cuenca del Canal del Dique, se han venido realizando trabajos que permitan realizar un Plan de Ordenamiento y Manejo realizándolo de manera que involucre a todos aquellos que viven directamente de la Cuenca.


Este ejercicio de planificación de la Cuenca hidrográfica. Las instituciones buscan favorecer los diferentes aspectos involucrados en la dinámica hídrica, para continuar con el desarrollo de la conservación de la biodiversidad y de los humedales en conjunto con la participación humana.

2.1.2. Información de la Cuenca Baja del Río Magdalena.

La longitud de la cuenca baja del río Magdalena es aproximadamente de 428 km, esta continúa desde el Banco hasta donde desemboca el río en Bocas de Ceniza y en Cartagena de Indias pasando por el Canal del Dique.

La división se desprende desde Calamar (Bolívar) hasta la bahía de Cartagena, avanzando por las poblaciones de Pinillos, Barranco de Loba, Mompóx, Magangué, entre otros.

El caudal promedio que la cuenca Baja del Río Magdalena lleva es de $7100 \text{ m}^3/\text{s}$, el cual llega por el canal del Dique hacia la bahía de Cartagena, continuando su recorrido hacia Momposina, luego de la desembocadura del río cecar el Magdalena se abre en los brazos de Loba y Mompós y el sur de Tacamocho, en Calamar, es donde comienza el canal del Dique y este continúa con su cauce principal hasta Barranquilla, donde finalmente desembocará en Bocas de Ceniza.

| | | |
|--|-------------------------|---|
|  UNIVERSIDAD CATÓLICA de Colombia FACULTAD DE INGENIERÍA PROGRAMA DE INGENIERÍA CIVIL | TRABAJO DE GRADO | FECHA: Octubre de 2018 VERSIÓN 2 |
|--|-------------------------|---|

Por la ubicación de la cuenca la cual es altitudinal, posee menos energía para desencadenar procesos erosivos fuertes, este recibe los sedimentos aportantes de las partes altas.

El piedemonte a causa de la pendiente que resulta ser fuerte, los sedimentos se remueven rápidamente y generan vertientes de retroceso o zonas con pendiente cóncava, el Canal del Dique conecta el río mediante Calamar junto con la bahía de Cartagena, el Canal del Dique, se construyó con la idea de unir los cuerpos de agua naturales, pero a medida que pasa el tiempo se ha corregido su curso.


Esta vía de comunicación dota a Cartagena de las características propias de un puerto fluvial, pero produce una abundante sedimentación en su bahía por la alta carga de materiales que transporta el río. En este sector de la cuenca los regímenes de precipitación y humedad vuelven a disminuir. Por ello aquí predominan las condiciones del bosque seco tropical —del cual, no obstante, apenas subsisten pequeños relictos por la acción antrópica—, las llanuras herbáceas y la vegetación acuática⁸

2.1.3. Hidrología.

El país cuenta con una oferta abundante en términos de recursos hídricos, pero el inadecuado manejo se ha manifestado con problemas de escasez y una incapacidad para abastecer la demanda en las regiones y municipios en las temporadas más secas.

El área de drenaje del río Magdalena cuenta con una hidrografía bimodal, que tiene dos (2) periodos donde el nivel del agua es bajo y dos (2) niveles donde el nivel del agua es alto.

⁸ CORMAGDALENA. Atlas Cuenca del Río Magdalena Versión Final. 2010

| | | |
|--|-------------------------|---|
|  UNIVERSIDAD CATÓLICA de Colombia FACULTAD DE INGENIERÍA PROGRAMA DE INGENIERÍA CIVIL | TRABAJO DE GRADO | FECHA: Octubre de 2018 VERSIÓN 2 |
|--|-------------------------|---|

Este río se ubica en el puesto veintinueve (29) en descargas de agua el cual es de 7000 m³/s, y de doce (12) en descarga de sedimentos el cual es de 172 millones de toneladas por año.

Este río es la corriente de agua más importante de Colombia siendo único en el mundo por su ubicación, su caudal, sedimentos, morfología y dinámica fluvial. ⁹

2.1.4. Estaciones Hidrométricas.

La figura 2 muestra las diferentes localizaciones de las estaciones hidrométricas que existen en el sistema del Canal del Dique.

La primera estación es Incora, la cual en la actualidad es operada por el IDEAM (Instituto de Hidrología y Estaciones Ambientales de Colombia)

La segunda es Gambote, seguida por Santa Helena 1 y Santa Helena 2, Caño correa, Pasacaballos; las últimas dos estaciones no poseen muchos datos y su uso ha sido para efectos de comparación con modelaciones matemáticas realizadas en esas zonas.

En Santa Helena 2, las mediciones hidrométricas son difíciles de analizar, ya que esta tiene una alta influencia de la marea. ¹⁰

⁹ CORMAGDALENA. Atlas Cuenca del Río Magdalena Versión Final. 2010

¹⁰ Jaime Ordoñez, Carlos Cubillos, Gabriela Forero. Balance Hidrológico y Sedimentológico del Canal del Dique y sus Efectos sobre la Sedimentación en la Bahía de Cartagena


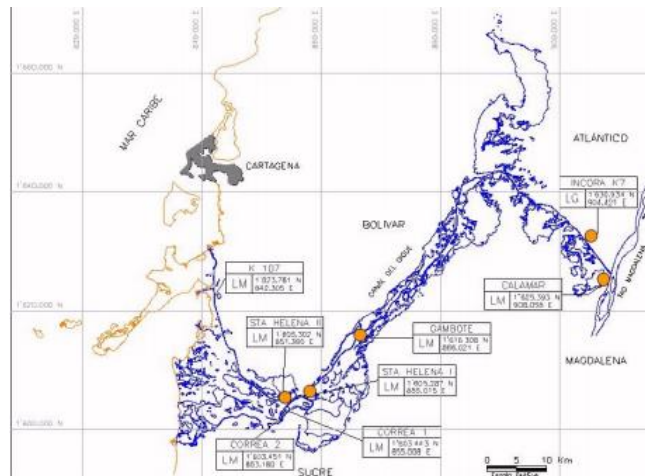
| | | |
|--|-------------------------|---|
|  UNIVERSIDAD CATÓLICA de Colombia FACULTAD DE INGENIERÍA PROGRAMA DE INGENIERÍA CIVIL | TRABAJO DE GRADO | FECHA: Octubre de 2018 VERSIÓN 2 |
|--|-------------------------|---|

Figura 2. Localización de Estaciones Hidrométricas.



Fuente: Balance Hidrológico y Sedimentológico del Canal del Dique y sus Efectos sobre la Sedimentación en la Bahía de Cartagena.

2.1.5. **Caudal.**

El nivel de agua del río Magdalena presenta variaciones por las precipitaciones locales, en su cauce y zonas afluentes, las cuales se encuentran en la zona alta y media del río.

Aunque en la zona cenagosa la cual se encuentra en la parte baja de la cuenca del río Magdalena, disminuye las precipitaciones, se acumulan cantidades grandes de agua en épocas de lluvia y son devueltas al cauce en los periodos de sequía.

El caudal varía respecto a su área de influencia, se puede observar en la Figura 3 el promedio anual del caudal de río Magdalena el cual equivale a $7400 \text{ m}^3/\text{s}$, pero este puede variar entre los $2000 \text{ m}^3/\text{s}$ y $12000 \text{ m}^3/\text{s}$, estimando su carga sólida corresponde a 140 millones de toneladas por año.¹¹

¹¹ Jaime Ordoñez, Carlos Cubillos, Gabriela Forero. Balance Hidrológico y Sedimentológico del Canal del Dique y sus Efectos sobre la Sedimentación en la Bahía de Cartagena.


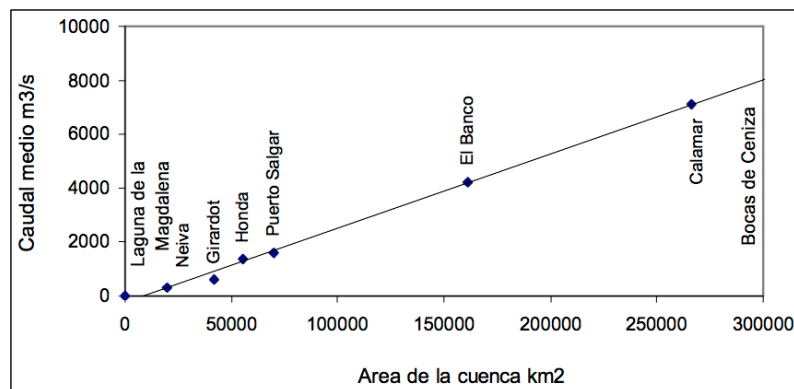
| | | |
|--|-------------------------|---|
|  UNIVERSIDAD CATÓLICA de Colombia FACULTAD DE INGENIERÍA PROGRAMA DE INGENIERÍA CIVIL | TRABAJO DE GRADO | FECHA: Octubre de 2018 VERSIÓN 2 |
|--|-------------------------|---|

Figura 3. Variación de Caudales Según su Área



Fuente: Balance Hidrológico y Sedimentológico del Canal del Dique y sus Efectos sobre la Sedimentación en la Bahía de Cartagena.

Los caudales que se derivan del río Magdalena por el Canal del Dique, han incrementado pasando de 392 m³/s a 540 m³/s. A la bahía de Barbacoas llega el 26% del caudal, (21% por el caño Matunilla y 5% por el caño Lequerica). El 14% del caudal se entrega al mar Caribe por el Caño Correa. El porcentaje restante (36%), se dispersa hacia el sistema cenagoso.¹²

¹² Jaime Ordoñez, Carlos Cubillos, Gabriela Forero. Balance Hidrológico y Sedimentológico del Canal del Dique y sus Efectos sobre la Sedimentación en la Bahía de Cartagena.


| | | |
|--|-------------------------|---|
|  UNIVERSIDAD CATÓLICA de Colombia FACULTAD DE INGENIERÍA PROGRAMA DE INGENIERÍA CIVIL | TRABAJO DE GRADO | FECHA: Octubre de 2018 VERSIÓN 2 |
|--|-------------------------|---|

Figura 4. Balance Hídrico Actual de la Zona del Canal del Dique




Fuente: Balance Hidrológico y Sedimentológico del Canal del Dique y sus Efectos sobre la Sedimentación en la Bahía de Cartagena.

Los niveles de agua en el Canal del dique dependen del nivel de agua en el río Magdalena, provenientes de Calamar, en la Bahía de Cartagena, Barbacoas y Caño Correa, el flujo del canal aguas abajo, presenta influencia de las mareas y no se considera un flujo libre.¹³

2.1.6. Sedimentación.

Los sedimentos transportados por la deriva litoral equivalen al 90%, arenas y finos en suspensión al 10%, por cada metro cúbico de agua lleva 900 gramos de sedimentos, esto

¹³ Jaime Ordoñez, Carlos Cubillos, Gabriela Forero. Balance Hidrológico y Sedimentológico del Canal del Dique y sus Efectos sobre la Sedimentación en la Bahía de Cartagena.

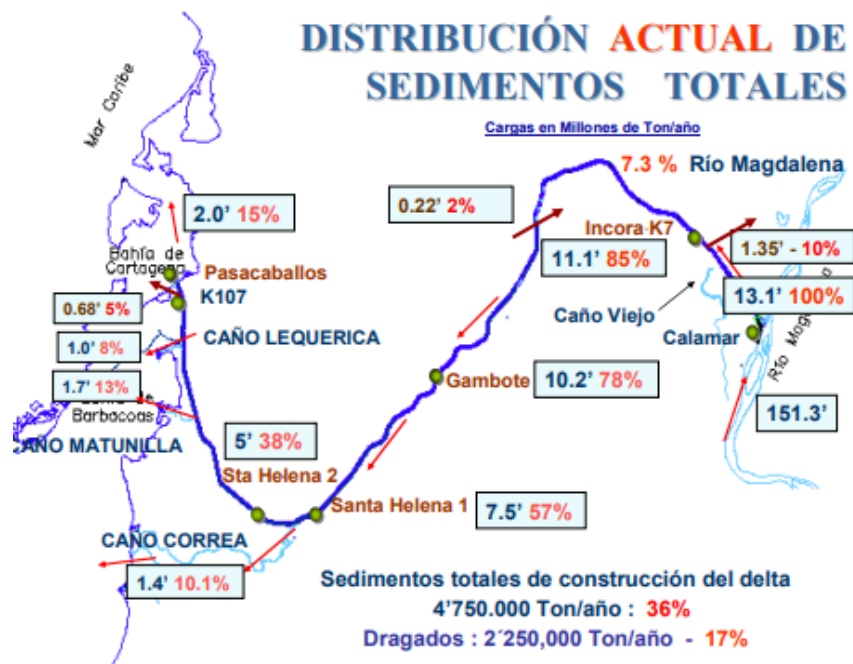
| | | |
|--|-------------------------|---|
|  UNIVERSIDAD CATÓLICA de Colombia FACULTAD DE INGENIERÍA PROGRAMA DE INGENIERÍA CIVIL | TRABAJO DE GRADO | FECHA: Octubre de 2018 VERSIÓN 2 |
|--|-------------------------|---|

convierte al río Magdalena en octavo río a nivel mundial en relación de gramos de sedimento por metro cúbico de agua que bota al mar.¹⁴

El volumen promedio aportado a la bahía de Cartagena no supera las 2 toneladas por año que corresponden al 15% de los sedimentos que ingresan al Canal por Calamar, 2,7 toneladas por año salen hacia Barbacoas 21%, 1,4 toneladas por año hacia Caño Correa 10% y 4,8 toneladas por año se depositan en el sistema cenagoso 36%.

Aunque los sedimentos pueden ser favorables para mantener las playas marinas, estas de por sí afectan los corales del archipiélago de San Bernardo.¹⁵

Figura 5. Balance Sedimentológico Actual en la Zona del Canal del Dique.



Fuente: Balance Hidrológico y Sedimentológico del Canal del Dique y sus Efectos sobre la Sedimentación en la Bahía de Cartagena.

¹⁴ Mogollón Vélez, José Vicente. Las arenas del Magdalena y las Playas que dependen de ellas.

¹⁵ Jaime Ordoñez, Carlos Cubillos, Gabriela Forero. Balance Hidrológico y Sedimentológico del Canal del Dique y sus Efectos sobre la Sedimentación en la Bahía de Cartagena.

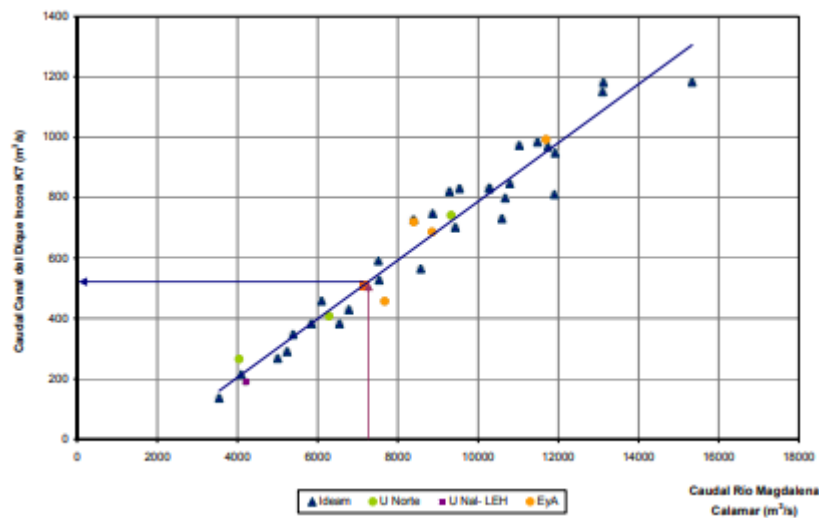


La derivación del agua y de los sedimentos por el canal del dique, recolectada en las estaciones de Calamar e Incora, estimaron la derivación del agua en función del caudal del río Magdalena utilizando la siguiente ecuación:


$$Q_{\text{derivado Incora}}(m^3/s) = 0.0971 * (Q_{\text{Río Magdalena Calamar}}(m^3/s)) - 183.81 \quad (1)$$

Teniendo en cuenta esta ecuación se puede decir que para el caudal promedio anual de $7163 \text{ m}^3/\text{s}$ en el río Magdalena hacia el Canal del Dique se derivan al menos $540 \text{ m}^3/\text{s}$, correspondiente al 8% del caudal del río.

Figura 6. Curva de Derivación de Caudales Líquidos del Canal del Dique.



Fuente: Balance Hidrológico y Sedimentológico del Canal del Dique y sus Efectos sobre la Sedimentación en la Bahía de Cartagena.

| | | |
|--|-------------------------|---|
|  UNIVERSIDAD CATÓLICA de Colombia FACULTAD DE INGENIERÍA PROGRAMA DE INGENIERÍA CIVIL | TRABAJO DE GRADO | FECHA: Octubre de 2018 VERSIÓN 2 |
|--|-------------------------|---|

2.1.7. Problemática Ambiental en la Sub-región en la Cuenca del Canal del Dique.

En un inicio la Sub-región de la cuenca del Canal de Dique era abundante en fauna y flora, pero la deforestación para crear áreas ganaderas y agrícolas, el deterioro de los suelos, la caza incontrolada y la reducción de los complejos cenagosos ha hecho que estos factores disminuyan con rapidez. Estos fenómenos provocan la remoción en masa que afecta la navegación, además de la degradación de ecosistemas como manglares que contribuyen a la reproducción de los peces.

Sumando a esto, el manejo inadecuado de aguas servidas y la disposición de los desechos líquidos y sólidos que son arrojados de manera desconsiderada al canal, esto disminuye el potencial de pesca y de la fauna silvestre.


El deterioro de los cuerpos de agua se relaciona directamente con la carencia de sistemas que traten los residuos sólidos y líquidos de los municipios aledaños, conociendo así que el 85% de los residuos son arrojados directamente al agua, produciendo así materias orgánicas, que crean altas probabilidades de adquirir alguna patología relacionada con el consumo de líquidos.¹⁶

El sector agropecuario también aporta componentes tóxicos que provienen del mal uso de herramientas como plaguicidas y fertilizantes, también las rectificaciones que se realizan en el Canal, construcción de diques contra las inundaciones y cierres de bocas de los caños que alimentan las ciénagas, ha hecho que aumente los caudales sólidos y líquidos, ya que se está perdiendo la capacidad natural de regulación del sistema.¹⁷

Los arroyos también sufren el deterioro ambiental cuando al desembocar en ellos las aguas y basuras provenientes de las diferentes comunidades que con el tiempo se fueron asentando a sus alrededores, situaciones que se generan a partir de llevar servicios públicos de alcantarillado y relleno sanitario completamente deficientes, además de que

¹⁶ Banco de la República. Aguilera Díaz, María M. Una Economía Basada en la Riqueza Hídrica.

¹⁷ Aguilera, María. El Canal de Dique y su Subregión, una economía basada en la riqueza hídrica. 2006

| | | |
|--|-------------------------|---|
|  UNIVERSIDAD CATÓLICA de Colombia FACULTAD DE INGENIERÍA PROGRAMA DE INGENIERÍA CIVIL | TRABAJO DE GRADO | FECHA: Octubre de 2018 VERSIÓN 2 |
|--|-------------------------|---|

algunos de estos arroyos han sido represados o desviados de su cauce natural, de esta manera generando inundaciones en épocas de invierno y problemas de riego en el verano.

Es así que los problemas ambientales que se generan alrededor del río Magdalena se traducen en cambios de composición química, deterioro de los ecosistemas, pérdida de la regulación natural, además de la alteración del ciclo biológico de las especies que en este habitan.¹⁸

Entre los datos más relevantes de la cuenca, se encuentran, las alarmantes tasas de deforestación que alcanzan 20530 hectáreas por año.¹⁹

2.1.8. Canal del Dique


Localizada en el mar caribe Colombiano, a su alrededor se encuentran siete (7) municipios los cuales son

- Campo de la Cruz
- Manatí
- Repelón
- Santa Lucía
- Sabana Larga
- Suan
- Luraco

Once en bolívar:

- Cartagena
- Arjona
- Arroyo Hondo
- Calamar

¹⁸ Rodríguez, Manuel. Riesgos Sociales, Económicos y Ambientales del Proyecto de Navegabilidad. 2010
¹⁹ El Tiempo

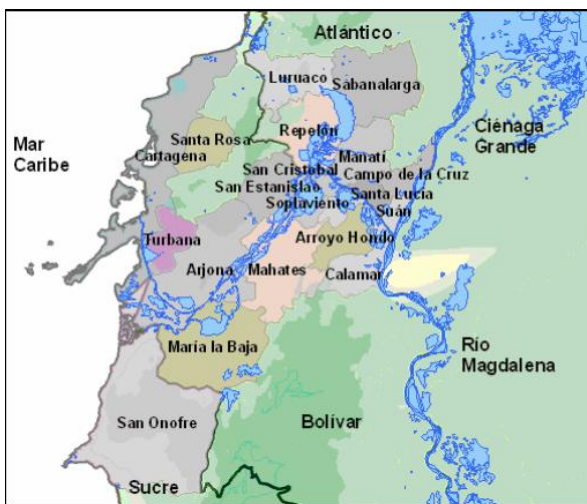
| | | |
|--|-------------------------|---|
|  UNIVERSIDAD CATÓLICA de Colombia FACULTAD DE INGENIERÍA PROGRAMA DE INGENIERÍA CIVIL | TRABAJO DE GRADO | FECHA: Octubre de 2018 VERSIÓN 2 |
|--|-------------------------|---|

- Mahates
- Marialabaja
- San Cristóbal
- San Estanislao
- Santa Rosa de Lima
- Soplaviento
- Turbaná

Y uno en sucre, el cual es San Onofre.

Todos estos municipios cuentan con una extensión total de 531700 hectáreas y ocupan un 31,3% del territorio del Atlántico, el 12,2% de Bolívar y el 10% de Sucre²⁰


Figura 7. Subregión Canal del Dique. Municipios que lo Conforman



Fuente: IGAC

La subregión del Canal del Dique cuenta con una riqueza hídrica por el extenso número de ciénagas y caños, lo que lo convierte en la segunda oferta hídrica más importante de la parte baja de la cuenca del Magdalena, después de la Ciénaga grande de Santa Marta. El

²⁰ Aguilera, María. El Canal de Dique y su Subregión, una economía basada en la riqueza hídrica. 2006

| | | |
|--|-------------------------|---|
|  UNIVERSIDAD CATÓLICA de Colombia FACULTAD DE INGENIERÍA PROGRAMA DE INGENIERÍA CIVIL | TRABAJO DE GRADO | FECHA: Octubre de 2018 VERSIÓN 2 |
|--|-------------------------|---|

complejo de ciénagas ocupa un área de 298.026 hectáreas, y posee un volumen de aproximadamente 12.000.000 metros cúbicos de agua.²¹

Tiene suelos que están influenciados por los cuerpos de agua, por lo tanto se presenta por toda su extensión planos inundables de biodiversidad.

La vegetación que se desarrolla a las orillas de quebradas y arroyos permanentes o temporales están reducidas a fajas de 3 o 4 metros de ancho a lo largo de los arroyos, ya que el resto de la vegetación y bosques originales fueron talados y quemados para formar potreros o cultivos de plátanos a la orilla de estos arroyos, disminuyendo su potencial como hábitat para la fauna silvestre²²


Figura 8. Canal del Dique.



Fuente: el tiempo

²¹ Banco de la República. Aguilera Díaz, María M. Una Economía Basada en la Riqueza Hídrica

²² Aguilera, María. El Canal de Dique y su Subregión, una economía basada en la riqueza hídrica. 2006

| | | |
|--|-------------------------|---|
|  UNIVERSIDAD CATÓLICA de Colombia FACULTAD DE INGENIERÍA PROGRAMA DE INGENIERÍA CIVIL | TRABAJO DE GRADO | FECHA: Octubre de 2018 VERSIÓN 2 |
|--|-------------------------|---|

2.1.9. Precipitación.

Se presenta un régimen de precipitación anual con valores de 800 mm a los 2000 y media anual de 1200 mm. En septiembre y octubre se presenta con promedios de 111 mm y 128 mm, de diciembre a marzo se encuentra en el periodo seco y sus precipitaciones promedio se encuentran menores a 5 mm.

La evotranspiración puede ser igual o mayor a la precipitación, esto ocasiona cierto déficit hídrico en la zona durante la mayor parte del año.

Tiene un régimen de lluvia bimodal, estos se presenta desde mediados de abril a inicios de noviembre, descende en los meses de junio y julio que representa la segunda época de sequía, la primera se encuentra en los meses de diciembre hasta mediados de abril.²³


2.1.10. Climatología.

Tabla 1. Características Climatológicas

| | |
|----------------------------|-------------------|
| PRECIPITACIÓN MEDIA | 1290 mm |
| EVOTRANSPIRACIÓN POTENCIAL | 1220 mm/año |
| TEMPERATURAS | 28° - 30 ° |
| HUMEDAD RELATIVA | 75% - 80% |
| EPÓCA DE INVIERNO | Abril a Noviembre |
| EPOCA DE VERANO | Diciembre a Marzo |
| CLIMA DE ECORREGIÓN | Semiárido |

Fuente: Autor

²³ Aguilera, María. El Canal de Dique y su Subregión, una economía basada en la riqueza hídrica. 2006

| | | |
|--|-------------------------|---|
|  UNIVERSIDAD CATÓLICA de Colombia FACULTAD DE INGENIERÍA PROGRAMA DE INGENIERÍA CIVIL | TRABAJO DE GRADO | FECHA: Octubre de 2018 VERSIÓN 2 |
|--|-------------------------|---|

La relación entre el clima y la producción pesquera es proporcional ya que los años en los que el fenómeno del Niño indica menores niveles de agua y mayor probabilidad de vulnerabilidad en los peces, ya que conducen a grandes niveles de sobrepesca.

Por ello, para la salud de las poblaciones de peces es de vital importancia la alternancia entre periodos secos y húmedos, y dada la situación actual del recurso pesquero un aumento de la frecuencia de periodos secos podría tener graves consecuencias para la sostenibilidad futura de la pesca. Las épocas de aguas altas son muy importantes, porque existe una relación significativa entre el mayor nivel de las aguas y, por ende, del área de las planicies inundables, y la tasa de crecimiento de las especies de peces²⁴.

2.1.11. Demografía.

La población que habita en las zonas cercanas en la cuenca del Canal del Dique, se clasifica entre los estratos 1 y 2, según la Universidad del Norte, los que se encuentran en el estrato 1 en promedio 7 personas conviven en una misma casa, en las de estrato 2 aproximadamente 6 personas.


Esto repercute en problemas de hacinamiento ya que las viviendas no contienen más de dos habitaciones, utilizadas como comedor, cocina y sala; normalmente tienen pisos de tierra y no contienen baños, o estos no cuentan con las condiciones ideales, en 35 municipios urbanos se ha tenido una transición de viviendas hechas con bahareque a bloques y pisos de cemento.²⁵

Según indica el DANE, el 40,8% de la población urbana y el 72,3% de la población rural se encuentra en estado de pobreza.²⁶

²⁴ Valderrama B, Mauricio. La pesca en la cuenca Magdalena- Cauca

²⁵ Banco de la República. Aguilera Díaz, María M. Una Economía Basada en la Riqueza Hídrica.

²⁶ DANE

| | | |
|--|-------------------------|---|
|  UNIVERSIDAD CATÓLICA de Colombia FACULTAD DE INGENIERÍA PROGRAMA DE INGENIERÍA CIVIL | TRABAJO DE GRADO | FECHA: Octubre de 2018 VERSIÓN 2 |
|--|-------------------------|---|

Otro de los problemas causados por los sedimentos que llegan a la bahía de Cartagena, es la afectación a la salud de la población que recogen aguas del Canal del Dique que la consumen sin ningún tipo de tratamiento por lo que estudios que ha realizado CARDIQUE, descubrieron casos de niños que nacen con algún tipo de malformación que se originan por el consumo del agua o algún tipo de pez contaminado, esto también se debe a la llegada de metales pesados como lo son el mercurio, el plomo, el zinc y cobre utilizados por la minería en el sur de Bolívar y otras zonas ribereñas del río Magdalena.²⁷

2.1.12. **Economía.**

La actividad económica se basa en el sector agropecuario, pesquero y minero. Se destina principalmente al mercado interno departamental y a la subsistencia.


En estado de pobreza en la zona urbana y el 47,8% en la zona rural, de acuerdo con resultados de las encuestas realizadas en 2003 y 2004 para la implementación del nuevo Sisben. Como caso extremo en la zona rural se encuentra el municipio de Soplaviento con 98% de NBI y en la urbana a Calamar (78%). En cuanto a la miseria, en la subregión es de 23,4% la zona urbana y 12,8% en la rural, observados como caso crítico a Manatí con 36,5% en su población rural en estado de miseria. En Sucre las medidas totales de pobreza (67,2%) e indigencia (24,5%) superan notablemente la de los departamentos de Bolívar (55,8%) y Atlántico (12,8%).²⁸

- **Pesca**

La producción pesquera en el canal y sus ciénagas es artesanal, por el uso intensivo de la fuerza de trabajo en la extracción del recurso, y de subsistencia con algunos excedentes destinados al mercado interno. Los pescadores se caracterizan por ser extractores

²⁷ Banco de la República. Aguilera Díaz, María M. Una Economía Basada en la Riqueza Hídrica.

²⁸ Banco de la República. Aguilera Díaz, María M. Una Economía Basada en la Riqueza Hídrica.

| | | |
|--|-------------------------|---|
|  UNIVERSIDAD CATÓLICA de Colombia FACULTAD DE INGENIERÍA PROGRAMA DE INGENIERÍA CIVIL | TRABAJO DE GRADO | FECHA: Octubre de 2018 VERSIÓN 2 |
|--|-------------------------|---|


primarios con baja organización y capacitación empresarial, cuyos ingresos dependen del esfuerzo físico y de las temporadas de producción. En época de baja producción alternan la pesca con otras actividades como la agricultura y/o la cría de especies menores. Un alto porcentaje de pescadores son itinerantes lo que dificulta su cuantificación, sin embargo se estiman en 2.520 el número de pescadores y en 945 las canoas, existentes en el subregión.

La vulnerabilidad del sector pesquero Está dada por el bajo nivel de asocio-actividad de los pescadores; la desprotección social y económica de las comunidades: políticas de estado ajenas a la realidad social particular; la invisibilidad de los pescadores ante los administradores y tomadores de decisiones; la gran informalidad en la intermediación comercial y el mercadeo; la debilidad institucional: cambio de autoridades, baja inversión y escasa presencia local; los bajos niveles de gobernanza y participación local en la toma de decisiones y la complejidad en sus relaciones con otros ámbitos (ambientales, productivos, sociales), que obliga a grandes costos de intermediación y transacción.²⁹

- **Agricultura.**

En la subregión zona del Canal del Dique se ubican trece granjas dedicadas al cultivo de camarón que se abastecen de diez laboratorios que producen las larvas de camarón, con excelentes calidades genéticas reflejadas en las condiciones sanitarias y morfológicas de la especie. La producción anual de esta actividad en la zona se estima entre 7.000 y 9.000 toneladas, aproximadamente, que en gran parte es para la exportación.³⁰

29 30 Banco de la República. Aguilera Díaz, María M. Una Economía Basada en la Riqueza Hídrica.

| | | |
|--|-------------------------|---|
|  UNIVERSIDAD CATÓLICA de Colombia FACULTAD DE INGENIERÍA PROGRAMA DE INGENIERÍA CIVIL | TRABAJO DE GRADO | FECHA: Octubre de 2018 VERSIÓN 2 |
|--|-------------------------|---|

2.1.13. Calidad del Agua.

El riesgo del recurso hídrico se encuentra en la gestión del recurso, que se asocia con el manejo y disposición del agua, se encuentran en problemas de desabastecimiento y racionamiento del recurso.

Las inundaciones y deslizamientos por los excesos de agua, que afectan la oferta hídrica ya que contamina con sedimentos las fuentes de agua y destruyen los sistemas de abastecimiento y de distribución, generando impactos hacia la disponibilidad y calidad de agua que se suministra, además del alto costo económico que implicarían las obras de recuperación rehabilitación y reconstrucción de estos sistemas, tal como ocurrió en el departamento del Atlántico en el 2010 y 2011.


La vulnerabilidad del recurso está relacionada con la vulnerabilidad de los sistemas hídricos para conservar y mantener la capacidad hidrológica ante posibles alteraciones climáticas y a la vulnerabilidad de los sistemas de abastecimiento y distribución.³¹

2.2. Información general de la cuenca del canal de panamá.

Esta cuenca es aprovechada para diversos fines, tales como:

- Producción de abastecimiento de agua potable
- Navegación
- Generación de energía
- Actividades agropecuarias
- Producción industrial
- Pesca
- Recreación

³¹ Corporación Regional del Atlántico Plan de Acción Cuatrienal. 2016

| | | |
|--|-------------------------|---|
|  UNIVERSIDAD CATÓLICA de Colombia FACULTAD DE INGENIERÍA PROGRAMA DE INGENIERÍA CIVIL | TRABAJO DE GRADO | FECHA: Octubre de 2018 VERSIÓN 2 |
|--|-------------------------|---|

- Investigación
- Funcionamiento de la vía acuática por medio del almacenamiento de sus aguas.

Esta Cuenca está rodeada de una diversidad étnica y cultural: en ella conviven grupos humanos de orígenes y costumbres diferentes, como los Emberá del Parque Nacional de Chagres, los afroantillanos de Portobelo y los residentes del norte de La Chorrera y Arraiján³²


Figura 9. Ubicación de la cuenca del canal de Panamá.



Fuente: cich.org

La Cuenca está siendo sometida a una presión humana cada vez mayor, debido a la creciente población y la necesidad de tierras para vivir y desarrollar actividades económicas que son las causas principales de los retos existentes en la región como los cambios de uso de suelo, la contaminación de fuentes de agua, la extracción de recursos naturales y el desarrollo urbano; además otro factor importante mencionar es que debido al fenómeno de El Niño.

³² Edilma Estelí Campos, La Cuenca Hidrográfica Del Canal De Panamá Y Su Preservación. 2016

| | | |
|--|-------------------------|---|
|  UNIVERSIDAD CATÓLICA de Colombia FACULTAD DE INGENIERÍA PROGRAMA DE INGENIERÍA CIVIL | TRABAJO DE GRADO | FECHA: Octubre de 2018 VERSIÓN 2 |
|--|-------------------------|---|

La precipitación y los aportes de agua a los embalses del Canal disminuyeron en el año 2015, situación que hizo más evidente la importancia de los programas e iniciativas para la administración y conservación del agua en beneficio de los habitantes de la cuenca del Canal y de las ciudades de Colón, Panamá, La Chorrera y Arraiján, donde vive más del 55 % de la población del país

Actualmente, la ACP desarrolla un Programa de Sostenibilidad para la Cuenca y sus habitantes, donde colaboradores del Canal, productores e instituciones nacionales, integran actividades sociales y económicas, con acciones de protección y conservación de los recursos hídricos, en armonía con las demás actividades económicas desarrolladas por los pobladores de la cuenca. El Programa de Sostenibilidad incluye el desarrollo de sistemas productivos, que incorporan un uso adecuado de la tierra, de acuerdo con su aptitud, para conservar la calidad y cantidad de los recursos hídricos en sitios de importancia estratégica de la cuenca, con un enfoque de planificación de fincas y sostenibilidad.³³


2.2.1. Hidrología.

El sistema orogénico panameño se divide en dos regiones. La primera de ellas es la Serranía de Tabasará, la cual tiene una elevación promedio de 1.525 msnm y constituye una prolongación de la Cordillera de Talamanca, proveniente de Costa Rica. La segunda región es la Cordillera de San Blas, situada en la parte oriental, cuya continuación es la Serranía de Darién. El Volcán Barú es la mayor elevación en el istmo de Panamá, con una altura de 3.475 msnm.

La región ubicada entre estos dos sistemas montañosos está formada por colinas que tienen altitudes que van desde los 90 hasta los 460 msnm. Ambas cadenas montañosas forman un sistema de 52 cuencas en el que nacen varios ríos.³⁴

³³ Centroamericaverde. Estelí Campos, Edilma. La Cuenca Hidrográfica Del Canal De Panamá, 2016.


³⁴ Situación De Los Recursos Hídricos En Centro América. 2015

| | | |
|--|-------------------------|---|
|  UNIVERSIDAD CATÓLICA de Colombia FACULTAD DE INGENIERÍA PROGRAMA DE INGENIERÍA CIVIL | TRABAJO DE GRADO | FECHA: Octubre de 2018 VERSIÓN 2 |
|--|-------------------------|---|

Hacia la vertiente del Pacífico, que abarca el 70% del territorio nacional y contiene 34 de esas 52 cuencas, desaguan unos 350 ríos, los cuales tienen una longitud media de 106 km. Las más importantes de estas 34 cuencas hidrográficas son las de los ríos Tuira, Chucunaque, Bayano, Santa María, Chiriquí Viejo, San Pablo, Tabasará y Chiriquí. De todas estas, la del Tuira es la más extensa, con 10.644,4 km². En esta misma vertiente, se ubican dos cuencas transfronterizas: la del río Coto, entre Panamá y Costa Rica, y la del río Jurado, entre Panamá y Colombia. La concentración de la población y la actividad económica del país en las cuencas del Pacífico repercuten negativamente en el proceso de deforestación, la tendencia al mal uso de la tierra, la aceleración de la erosión y la sedimentación, la contaminación de los cursos de agua y la alteración del régimen hidrológico de las cuencas.

Hacia la vertiente del Caribe, que abarca el 30% del territorio nacional y contiene las restantes 18 cuencas, desaguan 150 ríos, los cuales tienen una longitud media de 56 km. La cuenca del río Chagres, con un área de 3.338 km², y la del Changuinola, con 3.202 km², son las de mayor extensión. En el límite entre Panamá y Costa Rica, se encuentra la cuenca transfronteriza del río Sixaola, la cual tiene 2.706 km². Esta cuenca posee una importante biodiversidad y potencial 8 agrícola, hidroeléctrico, comercial y turístico intrarregional. Además, constituye un área prioritaria del Corredor Biológico Mesoamericano del Atlántico panameño.³⁵

³⁵ Situación De Los Recursos Hídricos En Centro América. 2015

| | | |
|--|-------------------------|---|
|  UNIVERSIDAD CATÓLICA de Colombia FACULTAD DE INGENIERÍA PROGRAMA DE INGENIERÍA CIVIL | TRABAJO DE GRADO | FECHA: Octubre de 2018 VERSIÓN 2 |
|--|-------------------------|---|

2.2.2. Precipitación.

Las precipitaciones más altas se registraron en la estación de Colón, localizada en la costa atlántica. Esta situación se debe a la exposición que tiene esta zona a los vientos alisios que transportan la humedad del Océano Atlántico.³⁶

Al entrar a tierra, los vientos Alisios son forzados a ascender debido a la interacción que se da entre las brisas de mar y de lago y la ligera orografía de la zona.

Durante el período comprendido de 1863 a 1899, las precipitaciones promedio en las estaciones de Colón, Gamboa y Bohío ascendieron a 326,8 cm, 244,7 cm y 291 cm, respectivamente. Las desviaciones estándar correspondientes a las precipitaciones registradas en las estaciones antes mencionadas ascendieron a 55,7 cm, 42,4 cm y 47 cm, respectivamente³⁷


2.2.3. Estaciones Hidrométricas.

La Autoridad del Canal de Panamá (ACP) opera 62 estaciones hidrometeoro lógicas en toda la Cuenca, que brindan información en tiempo real sobre las condiciones de la lluvia y las crecidas que ocurren en la región.

Estas estaciones están ubicadas tanto en la región oriental como la occidental. Dada su importancia es necesario brindarles un mantenimiento permanente, en algunos casos rehabilitación, para garantizar la calidad y aprovechamiento de la información que se genera a través de ellas. En la cuenca del río Chagres Hay un total de seis estaciones

³⁶ Universidad De Panamá. Alfonso Pino, Jorge Espinosa, DATOS METEOROLÓGICOS EN LA CUENCA DEL CANAL DE PANAMÁ DURANTE EL SIGLO XIX Y SU APLICABILIDAD A LA VARIABILIDAD CLIMÁTICA Y AL CAMBIO CLIMÁTICO

³⁷ Universidad De Panamá. Alfonso Pino, Jorge Espinosa, DATOS METEOROLÓGICOS EN LA CUENCA DEL CANAL DE PANAMÁ DURANTE EL SIGLO XIX Y SU APLICABILIDAD A LA VARIABILIDAD CLIMÁTICA Y AL CAMBIO CLIMÁTICO

| | | |
|--|-------------------------|---|
|  UNIVERSIDAD CATÓLICA de Colombia FACULTAD DE INGENIERÍA PROGRAMA DE INGENIERÍA CIVIL | TRABAJO DE GRADO | FECHA: Octubre de 2018 VERSIÓN 2 |
|--|-------------------------|---|

hidrométricas. Una de ellas es la estación hidrométrica de Río Piedras, que ha funcionado durante 30 años registrando de los niveles de cause y precipitación³⁸.

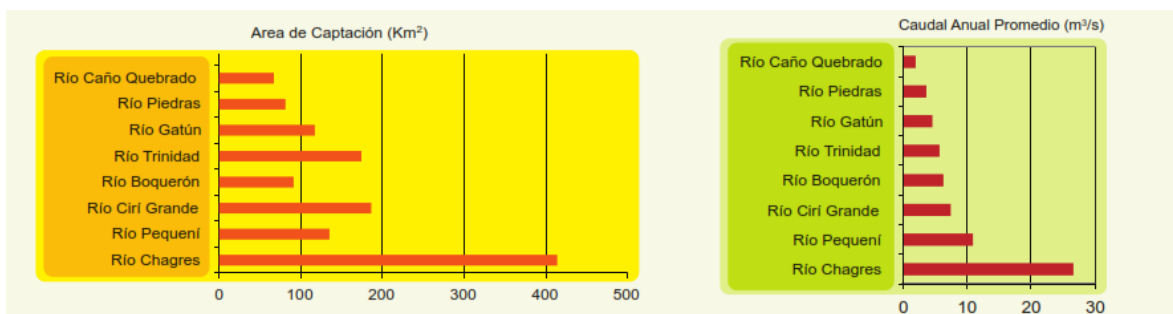
Esta estación, al igual que la estación hidrométrica de Batatilla, cuenta con equipos que registran la precipitación, nivel del río; tiene además una sección de aforos para medir el caudal. Está localizada al noroeste de los límites de la cuenca³⁹

2.2.4. Caudal

Existen 47 sub-cuencas en la CHCP, las más relevantes son los ríos Chagres, Gatún, Boquerón, Pequení, Ciri Grande y Trinidad; estos cubren aproximadamente 42000 hectáreas de la cuenca. Chagres, Alajuela y Gatún, son las principales fuentes que regulan el escurrimiento de navegación, cuenta con un caudal mínimo aproximado de 2,8 km³/año.

Varía entre las estaciones hidrométricas que se encuentran dentro de la CHCP, va desde los 50 l/s/km hasta aproximadamente 96 l/s/km², entre las cuencas se encuentra el río Penequí con el rendimiento mayor.


Figura 10. Caudales Anuales Promedio de los principales Ríos Tributarios.



Fuente: ACP. Informe de Calidad de Agua 2003 – 2005. 2006.

³⁸ Edilma Estelí Campos, La Cuenca Hidrográfica Del Canal De Panamá Y Su Preservación. 2016

³⁹ Pancanal. Administrar El Agua Es Crucial Para El Canal. 2003

| | | |
|--|-------------------------|---|
|  UNIVERSIDAD CATÓLICA de Colombia FACULTAD DE INGENIERÍA PROGRAMA DE INGENIERÍA CIVIL | TRABAJO DE GRADO | FECHA: Octubre de 2018 VERSIÓN 2 |
|--|-------------------------|---|

2.2.5. Sedimentación.

En 2010, la producción de sedimentos suspendidos en la CHCP resultó con valores extremadamente altos y muestra una alta variabilidad consistente con la distribución espacial de la lluvia de la tormenta La Purísima.⁴⁰

Al noreste de la CHCP, resultaron valores extremos de: 3684 t/año/km² en el río Gatún en Ciento, 6715 t/año/km² en el río Boquerón en Peluca, 6637 t/año/km² en el río Pequení en Candelaria y 6346 t/año/km² en el río Chagres en Chico. Mientras que al suroeste los valores fueron entre 430 y 535 t/año/km².

Es importante mencionar que aunque se obtuvieron valores de producción de sedimentos suspendidos por encima de 3000 t/año/km², estas cuencas se ubican dentro de áreas protegidas, con poca población y una densa cobertura boscosa. En ríos de montaña, el transporte de sedimentos suspendidos puede ser considerable e incluso muy grande, del orden de 10000 t/año/km², debido a la contribución de los deslizamientos de tierra, los cuales pueden ser la fuente más importante.⁴¹

El agua de su cuenca hidrográfica posibilita la navegación y la operación de las esclusas, siendo utilizados cerca de 210.000 m³ por cada buque que transita. Sin embargo, cambios de uso del suelo en la cuenca están acelerando el proceso de sedimentación, reduciendo la capacidad de los lagos de acumular agua para la operación del Canal y disminuyendo la profundidad del Lago Gatún, lo que puede generar restricciones al paso de los buques en períodos de sequía prolongada. Esto obliga a realizar dragados periódicos para evitar riesgos de navegación, aumentando los costos de mantenimiento.⁴²

⁴⁰ Pancanal. Anuario De Sedimentos Suspendidos. 2010

⁴¹ Pancanal. Anuario De Sedimentos Suspendidos. 2010

⁴² Eustorgio Nuñez, Ricardo Shirota. Valoración Económica Del Servicio Ambiental De Reducción De Sedimentos De Los Bosques De La Cuenca Hidrográfica Del Canal De Panamá. 2010


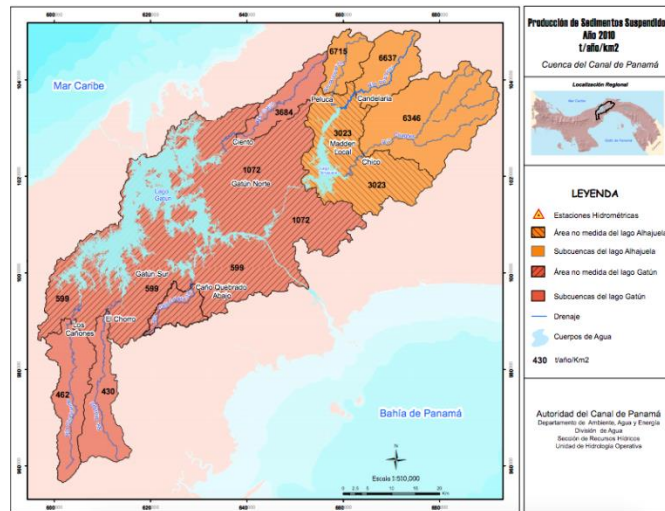
| | | |
|--|-------------------------|---|
|  UNIVERSIDAD CATÓLICA de Colombia FACULTAD DE INGENIERÍA PROGRAMA DE INGENIERÍA CIVIL | TRABAJO DE GRADO | FECHA: Octubre de 2018 VERSIÓN 2 |
|--|-------------------------|---|

Figura 11. Producción de los Sedimentos Suspensos 2010



Fuente: Anuario de Sedimentos Suspendidos. 2010.


2.2.6. Infraestructura portuaria y de navegación.

El canal de Panamá tiene tres juegos de esclusas, la de Gatón en el atlántico, Pedro Miguel y Miraflores en el pacífico.

El sistema de esclusas eleva los buques como escalones de agua tanto en el atlántico como en el pacífico hasta el nivel del lago Gatón a 26 metros sobre el nivel del mar donde navegan a través de causes del canal en la cordillera central de Panamá. El canal de Panamá funciona las 24 horas del día y entre 35 y 40 barcos lo cruzan diariamente por un recorrido que tiene 80 kilómetros de extensión y dura entre 8 y 10 horas.⁴³

Para llevar un barco de un océano a otro el canal cuenta con pequeñas pero potentes embarcaciones que asisten a los buques en las entradas y salidas de las esclusas, un vez

⁴³ Pan Canal. Panamá Canal Authority

| | | |
|--|-------------------------|---|
|  UNIVERSIDAD CATÓLICA de Colombia FACULTAD DE INGENIERÍA PROGRAMA DE INGENIERÍA CIVIL | TRABAJO DE GRADO | FECHA: Octubre de 2018 VERSIÓN 2 |
|--|-------------------------|---|

dentro de las esclusas la locomotoras entran en función para evitar que los barcos golpeen los muros, cada esclusa toma entre 8 y 10 minutos en llenarse que recibe por gravedad del lago Gatún.⁴⁴

Este complejo portuario posee un alto nivel de conectividad con respecto a los principales centros de producción y consumo que incluye un total de 65 servicios de líneas dedicados principalmente a las operaciones de trasbordo⁴⁵

2.2.7. Problemática Ambiental en la Cuenca del Canal de Panamá

La capacidad de almacenamiento de los lagos Gatún y Alhajuela hace posible la navegación interoceánica continua y eficiente a través del Istmo Estos lagos garantizan el abastecimiento de agua cruda, que luego de ser potabilizada en diferentes plantas, abastece a las ciudades de Panamá, Colón, La Chorrera y Arraiján, así como la generación de energía eléctrica. En el área, también se desarrollan gran cantidad de actividades productivas (industriales, turísticas, agrícolas, pecuarias, forestales, silvopastoriles y pesqueras).


El 43% del área total de la Cuenca está destinada a parques nacionales y áreas protegidas, 35% está ocupada por explotaciones agrícolas; el 12% está ocupado por asentamientos humanos y otros usos, y el 10% es agua.

La CHCP es el punto de convergencia para una serie de factores de desarrollo demográfico, social y urbano-industrial que afectan su principal función de captar agua. Hay zonas de la Cuenca que se encuentran entre las más pobladas de todo el país, como por ejemplo el corredor transístmico que une las ciudades de Panamá y Colón, sobre el cual vive el 79% de la población total de la Cuenca. ⁴⁶

⁴⁴ Pancanal. Panamá Canal Authority

⁴⁵ Luisa Suarez, Yuly Grajales. Infraestructura De Puertos Y Canal De Panamá Como Aporte A La Competitividad Del Comercio Exterior De Panamá. 2015

⁴⁶ Laguna Caucedo, Diana Argelia. Calidad De Agua En La Cuenca Del Canal De Panamá

| | | |
|--|-------------------------|---|
|  UNIVERSIDAD CATÓLICA de Colombia FACULTAD DE INGENIERÍA PROGRAMA DE INGENIERÍA CIVIL | TRABAJO DE GRADO | FECHA: Octubre de 2018 VERSIÓN 2 |
|--|-------------------------|---|


Entre los programas de gestión se ha expandido su protección oficial a las áreas forestadas en la Cuenca. A raíz de la firma de los Tratados Torrijos-Carter, en 1977 se protegieron los bosques existentes al lado este del Canal, creando el Parque Nacional Soberanía. Luego, con la creación del Parque Nacional Chagres (1984), se protegieron los bosques de las cabeceras de los ríos Chagres, Pequení, Boquerón y Gatún. Estas áreas se sumaron al Parque Nacional Altos de Campana, creado desde 1966, el cual protege las nacientes del río Trinidad. Estas acciones provisorias tienen hoy en día sus frutos, ya que se disminuyó la agresiva expansión agrícola, residencial e industrial, y han descendido las tasas de deforestación y de sedimentación.

Otros programas de gestión existentes son la Educación ambiental, programas silvopastoriles, reforestación y los programas de Adecuación y Manejo Ambiental (PAMA). La cubierta vegetal de la Cuenca, compuesta por sus bosques, parques y plantas de toda especie, actúa como una gran esponja reguladora del volumen de agua necesario que baja al Canal para su óptimo funcionamiento⁴⁷.

2.2.8. Canal de Panamá.

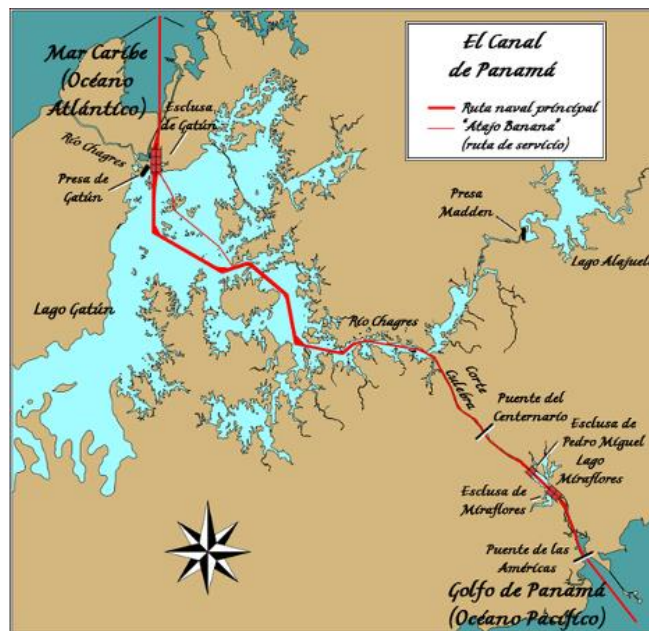
El Canal de Panamá lo comenzó a construir Estados Unidos en 1902 tras el fracaso del intento francés en 1880. El objetivo era acortar los viajes comerciales, reducir costos y obtener más ganancias. Finalmente se inauguró el 15 de agosto de 1914 y a partir de ese entonces ha evolucionado para adaptarse a los nuevos barcos y a las nuevas formas de navegación.

⁴⁷ Laguna Caucedo, Diana Argelia. Calidad De Agua En La Cuenca Del Canal De Panamá

| | | |
|--|-------------------------|---|
|  UNIVERSIDAD CATÓLICA de Colombia FACULTAD DE INGENIERÍA PROGRAMA DE INGENIERÍA CIVIL | TRABAJO DE GRADO | FECHA: Octubre de 2018 VERSIÓN 2 |
|--|-------------------------|---|

El Canal de Panamá es una ruta de navegación interoceánica que comunica el Mar Caribe y el océano Atlántico con el océano Pacífico, a través del tramo más angosto del istmo de Panamá. ⁴⁸

Figura. 12. Ruta de Navegación Interoceánica




Fuente: <https://www.vix.com/es/btg/curiosidades/8584/como-funciona-el-canal-de-panama>.

El Canal atraviesa Panamá en su parte más angosta y por encima de la Cordillera Central. Para pasar de un lado a otro los barcos deben atravesar tres juegos de esclusas que cumplen la función de nivelar la cantidad de agua entre un tramo y otro para acompañar el pasaje del barco.

En el esquema de más arriba vemos cómo al entrar al canal desde el océano Atlántico los barcos deben pasar por las esclusas del Gatón, luego atravesar todo el lago artificial Gatón y luego adentrarse en la parte más angosta del canal. Al aproximarse al océano

⁴⁸ Arzabal, Marga ¿Cómo Funciona El Canal De Panamá?

| | | |
|--|-------------------------|---|
|  UNIVERSIDAD CATÓLICA de Colombia FACULTAD DE INGENIERÍA PROGRAMA DE INGENIERÍA CIVIL | TRABAJO DE GRADO | FECHA: Octubre de 2018 VERSIÓN 2 |
|--|-------------------------|---|

Pacífico los barcos tienen que pasar por dos juegos de esclusas más: las esclusas de Pedro Miguel y las esclusas de Miraflores. En total el canal mide 78 kilómetros y se eleva 26 metros sobre el nivel del mar para atravesar a lo ancho todo el país.⁴⁹

El agua en la Cuenca Hidrográfica del Canal es aprovechada para diversos usos, entre ellos el abastecimiento de agua potable, navegación, generación de energía, actividades agropecuarias, producción industrial, pesca y recreación, e investigación científica.⁵⁰

Figura. 13. Buques Panamax.



Fuente: Autor.

⁴⁹ Arzabal, Marga. ¿Cómo Funciona El Canal De Panamá?

⁵⁰ Cich. Informe Del Estado Ambiental De La Cuenca Hidrográfica Del Canal De Panamá.


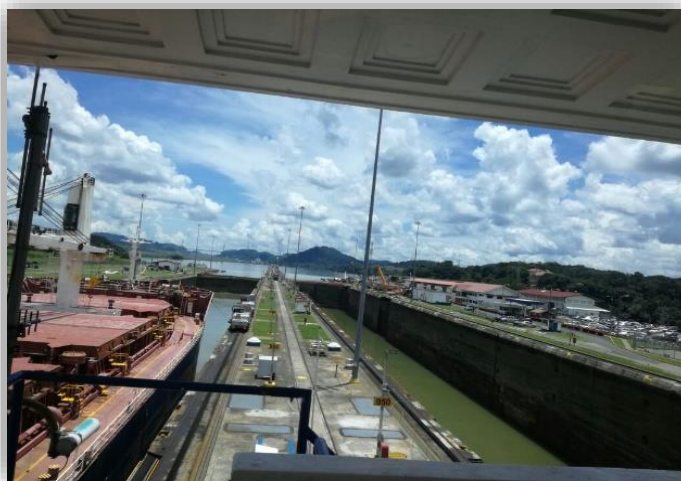
| | | |
|--|-------------------------|---|
|  UNIVERSIDAD CATÓLICA de Colombia FACULTAD DE INGENIERÍA PROGRAMA DE INGENIERÍA CIVIL | TRABAJO DE GRADO | FECHA: Octubre de 2018 VERSIÓN 2 |
|--|-------------------------|---|

Figura. 14. Esclusas de Miraflores.




Fuente: Autor.

2.2.9. Climatología

El clima de esta región es característico de los trópicos. La temperatura y la humedad son relativamente altas durante todo el año y la precipitación pluvial es abundante. Existe una clara variación estacional de la precipitación pluvial. La estación seca normalmente comienza alrededor de diciembre y tiene una duración de aproximadamente 4 meses, mientras que la estación lluviosa cubre el resto del período (8 meses).⁵¹

Los promedios anuales de precipitación pluvial para las estaciones en la cuenca varían entre un máximo de más de 3.300 mm (130 pulgadas), en la costa Atlántica, y un mínimo de aproximadamente 1.500 mm (60 pulgadas), en la costa del Pacífico. En general, para toda la cuenca hidrográfica, el promedio anual de precipitación pluvial de los 10 años 1985-1994 se estima en 2.596 mm (102 pulgadas). Las estaciones localizadas en la

⁵¹ VARGAS, Carlos. 1997. Informe Final Del Taller Sobre Evaluación E Implementación De Las Iniciativas Sobre Recursos Hídricos Y Áreas Costeras En La Región Ciudad De Panamá En: Gestión Integrada De Recursos Hídricos En Mesoamérica - Integrated Water Resources Management In Mesoamérica OEA

| | | |
|--|-------------------------|---|
|  UNIVERSIDAD CATÓLICA de Colombia FACULTAD DE INGENIERÍA PROGRAMA DE INGENIERÍA CIVIL | TRABAJO DE GRADO | FECHA: Octubre de 2018 VERSIÓN 2 |
|--|-------------------------|---|

cuenca del Lago Madden generalmente reportan un promedio anual de precipitación mayor que el reportado por las estaciones localizadas en el área aguas abajo de la represa Madden.

La escorrentía proveniente de la Cuenca Hidrográfica del Canal de Panamá es estacional, extremadamente variable, y sigue el mismo patrón de la precipitación pluvial. Empezando alrededor de mayo, la escorrentía comienza a aumentar hasta octubre y noviembre, normalmente los meses de máxima escorrentía, y disminuye gradualmente durante la estación seca. La sub-cuenca del Lago Madden es una región hidrológicamente más productiva que la sub-cuenca aguas abajo de la represa Madden. A pesar de que el área de la sub-cuenca de Madden representa aproximadamente solo el 31 % del área total de la Cuenca Hidrográfica del Canal, los aportes hídricos de esta región suman cerca del 45 % de la escorrentía total de dicha cuenca⁵²


2.2.10. **Demografía.**

En la provincia de panamá, el único corregimiento supera los mil habitantes por kilómetro cuadrado es Las Cumbres, en Sabanitas, Cativá y San Juan superan los doscientos habitantes por kilómetro cuadrado y en la provincia de Panamá supera los 100 habitantes por kilómetro cuadrado.

2.2.11. **Calidad del Agua.**

Los ríos de la CHCP presentan condiciones que reflejan un efecto favorable en cuanto a protección y conservación de áreas boscosas, donde la cubierta vegetal actúa como una esponja reguladora del volumen de agua necesario para las operaciones del Canal de Panamá. Lo anterior, sumado a otras actividades o programas de gestión que involucran la educación ambiental, programas silvopastoriles, reforestación y actividades

⁵² VARGAS, Carlos. 1997. Informe Final Del Taller Sobre Evaluación E Implementación De Las Iniciativas Sobre Recursos Hídricos Y Áreas Costeras En La Región Ciudad De Panamá En: Gestión Integrada De Recursos Hídricos En Mesoamérica - Integrated Water Resources Management In Mesoamérica OEA

| | | |
|--|-------------------------|---|
|  UNIVERSIDAD CATÓLICA de Colombia FACULTAD DE INGENIERÍA PROGRAMA DE INGENIERÍA CIVIL | TRABAJO DE GRADO | FECHA: Octubre de 2018 VERSIÓN 2 |
|--|-------------------------|---|

antropogénicas de subsistencia hacen que el efecto directo sobre la calidad del agua sea mínimo.⁵³

2.2.12. Economía

Gracias a su ubicación y al buen manejo del Canal de Panamá cuenta con una de las economías más rentables que tiene América.

2.3. MARCO LEGAL.

La importancia del apoyo de los gobiernos frente al cuidado y concientización del recurso hídrico es fundamental para que el correcto desarrollo de las sociedades no afecte tan directamente y de manera irreparable este recurso.

2.3.1. Normatividad en el Canal de Panamá


- **Régimen jurídico del *agua* en Panamá**

Esta se encuentra constitucionalmente regulada, regida por la ley No. 35, del 22 de septiembre de 1966, la cual describe y reglamenta el uso del agua que pertenece a la República de Panamá.

- **Ley 41 del primero de Julio de 1998, ley general del medio ambiente.**

Esta ley contiene aquellos estudios realizados al medio ambiente, recursos naturales y normas sobre la calidad ambiental, también contiene por decreto la participación de la ciudadanía.

⁵³ Global Water Partnership. Situación De Los Recursos Hídricos En Centro América

| | | |
|--|-------------------------|---|
|  UNIVERSIDAD CATÓLICA de Colombia FACULTAD DE INGENIERÍA PROGRAMA DE INGENIERÍA CIVIL | TRABAJO DE GRADO | FECHA: Octubre de 2018 VERSIÓN 2 |
|--|-------------------------|---|

- **Ley No. 19 del 11 de Junio de 1997, Constitución política de la República de Panamá**

El propósito de la presente Ley es proporcionar, a la Autoridad del Canal de Panamá, las normas para su organización, funcionamiento y modernización, con el objeto de hacer del canal una empresa eficiente y rentable, pilar del desarrollo humano y socioeconómico del país, abierta, sin discriminación alguna, a la participación de hombres y mujeres, e integrada a la estrategia marítima nacional. En cumplimiento de lo dispuesto en el artículo 317 de la Constitución Política, las normas que aquí se dictan son de carácter general y servirán de marco para los reglamentos que al respecto se expidan, de manera que el canal brinde siempre un servicio continuo, eficiente y seguro.⁵⁴

- **Ley No. 44 de 2002 del 5 de agosto de 2002.**

Que establece el Régimen Administrativo especial para el manejo, protección y conservación de las cuencas hidrográficas de la República de Panamá⁵⁵

2.3.2. Normatividad en Colombia


- **Decreto 1640 de 2012, cuencas hidrográficas.**

Con el fin principal de atender necesidades de prevención, protección, restauración y conservación de los recursos naturales, especialmente del recurso hídrico con sustento en estudios de oferta y demanda, en **Colombia**.⁵⁶

⁵⁴ Asamblea Legislativa. Ley No. 19

⁵⁵ http://www.miambiente.gob.pa/images/stories/documentos_la_villa/Ley_44_de_5_de_agosto_de_2002.pdf

⁵⁶ <http://www.ideam.gov.co>

| | | |
|--|-------------------------|---|
|  UNIVERSIDAD CATÓLICA de Colombia FACULTAD DE INGENIERÍA PROGRAMA DE INGENIERÍA CIVIL | TRABAJO DE GRADO | FECHA: Octubre de 2018 VERSIÓN 2 |
|--|-------------------------|---|

- **Decreto 1471, área de manejo de la bahía de Cartagena y el canal del dique.**

Se declaró área especial para la administración, manejo y protección del medio ambiente y de los recursos una extensión de 730.000 hectáreas en los departamentos de Atlántico, Bolívar y Sucre.


2.4. ESTADO DEL ARTE.

Mediante el análisis de los parametros hidrológicos, económicos, sociales y ambientales de las cuencas del canal de Panamá y el canal del Dique, se busca entender que la Ingenieria va mas allá de ser invasiva, en tiempos actuales la importancia del ser humano y de los recursos naturales es de vital importancia para el desarrollo de cualquier proyecto de infraestructura, Panamá por la importancia que el recurso hidrico tiene en su economía muestra avances con el manejo y cuidado de todo lo que involucre la Cuenca Hidrografica del Canal de Panamá y busca comprender las medidas que han sido tomadas a traves del tiempo para que una de las principales vías fluviales en Colombia que se maneja con menor cuidado tome acciones para que la población, la economia y el medio ambiente cuenten con un correcto uso.

2.5. METODOLOGÍA.


Para realizar el correcto desarrollo del planteamiento del problema de investigación del proyecto de grado, se contemplaron los siguientes parámetros con el fin de obtener un resultado positivo sobre los objetivos planteados anteriormente.

- **Visita técnica:** La visita técnica al canal de Panamá se realizó en el periodo académico 2017-3, con una duración total de ocho (8) días, donde se realizaron diversas visitas que abarcaron las diferentes disciplinas que brinda la universidad frente a los programas de ingeniería, la base de interés del presente proyecto se encontró en la visita a el reconocido canal de Panamá, donde se explicó el

| | | |
|--|-------------------------|---|
|  UNIVERSIDAD CATÓLICA de Colombia FACULTAD DE INGENIERÍA PROGRAMA DE INGENIERÍA CIVIL | TRABAJO DE GRADO | FECHA: Octubre de 2018 VERSIÓN 2 |
|--|-------------------------|---|

funcionamiento de este, desde la contemplación del recurso hídrico para la sustentación del canal, hasta la parte operativa y económica del mismo.

- **Recolección de información bibliográfica:** Se realizará la respectiva investigación frente a los estudios y a los planes de ordenamiento, en las cuencas del canal de Panamá y el canal del Dique, esta información ha sido recolectada mediante recursos como es el internet además de correos y teléfonos otorgados a los estudiantes en el Canal de Panamá, para tener más fácil acceso a la información requerida.
- **Análisis de la información obtenida:** Con la información obtenida, se dará continuidad a la comparación de todos los parámetros hidrológicos, económicos, sociales y ambientales que competen a las cuencas del canal del Dique y el canal de Panamá, y así conocer que tan eficientes y óptimos son los planes de ordenamiento encontrados para el beneficio del recurso y de las poblaciones.
- **Comprobación:** Comprobar si estos planes de ordenamiento para el aprovechamiento de los recursos hídricos, económicos, sociales y ambientales, han sido efectivos o por el contrario se han tenido problemas de aplicación por el exceso de utilización de estos mismos.
- **Realización de las alternativas:** Se obtendrán conclusiones y posteriormente se darán alternativas, respecto a la información recopilada anteriormente.

| | | |
|--|------------------|-------------------------------------|
|  UNIVERSIDAD CATÓLICA de Colombia FACULTAD DE INGENIERÍA PROGRAMA DE INGENIERÍA CIVIL | TRABAJO DE GRADO | FECHA: Octubre de 2018 VERSIÓN 2 |
|--|------------------|-------------------------------------|

2.6. ANALISIS Y COMPARACIÓN ENTRE LAS CUENCAS HIDROGRAFICAS DEL CANAL DEL DIQUE Y EL CANAL DE PANAMÁ.

Tabla 2. Comparación entre las Cuencas Hidrográficas del Canal de Dique y el Canal de Panamá.

| Elemento | Cuenca del Canal del dique | Cuenca del Canal de Panamá | Comparación |
|---------------|--|---|--|
| Área | 4550 Km ² | 3313 Km ² | La cuenca del canal del Dique cuenta con más área que la Cuenca del Canal de Panamá |
| Caudal | 540 $\frac{m^3}{s}$ | 81 $\frac{m^3}{s}$ | Muestra una gran diferencia, siendo el caudal de la Cuenca del Canal de Dique 6 veces mayor que el de la Cuenca del Canal de Panamá |
| Sedimentación | Producción promedio de sedimentos totales de 392 (t/año/ Km ²) | Sedimentos totales 29772.72 (ton/año/ Km ²) | La cuenca del Canal de Dique maneja un porcentaje más elevado de sedimentos ya que por cada metro cubico de agua que transporta el Magdalena, 900 gr son sedimentos los cuales no cuentan con un tratamiento desde las bahías y crea problemáticas ambientales, ya que esto requiere una inversión alta, |


| | | |
|--|------------------|-------------------------------------|
|  UNIVERSIDAD CATÓLICA de Colombia FACULTAD DE INGENIERÍA PROGRAMA DE INGENIERÍA CIVIL | TRABAJO DE GRADO | FECHA: Octubre de 2018 VERSIÓN 2 |
|--|------------------|-------------------------------------|

Tabla 2. Comparación entre las Cuencas Hidrográficas del Canal de Dique y el Canal de Panamá.

| Elemento | Cuenca del Canal del dique | Cuenca del Canal de Panamá | Comparación |
|------------------|--|---|---|
| | | | por el contrario en la cuenca del canal de Panamá se tienen dragados periódicos y evitan riesgos para la navegación. |
| Precipitación | Media anual de 1.200 mm | Estación de Colon: 326,8 cm, Gamboa: 244,7 cm y Bohío 291 cm. | Se presenta mayor precipitación en la cuenca del Canal del Canal de Panamá. |
| Calidad del Agua | Por las invasiones de la población, la deforestación y el poco control del gobierno la calidad del agua disminuye con el paso del tiempo | La importancia que el recurso hídrico significa para la República de Panamá, ha generado leyes y acciones para darle gran relevancia a la calidad del agua. | Colombia ha implementado leyes y decretos que contemplan el cuidado del recurso la pobreza, la ignorancia, además de la deforestación han creado problemas de todo tipo a diferencia de la cuenca del canal de Panamá que mantienen procesos de monitoreo constante para tener control sobre la |


| | | |
|--|-------------------------|---|
|  UNIVERSIDAD CATÓLICA de Colombia FACULTAD DE INGENIERÍA PROGRAMA DE INGENIERÍA CIVIL | TRABAJO DE GRADO | FECHA: Octubre de 2018 VERSIÓN 2 |
|--|-------------------------|---|

Tabla 2. Comparación entre las Cuencas Hidrográficas del Canal de Dique y el Canal de Panamá.


| Elemento | Cuenca del Canal del dique | Cuenca del Canal de Panamá | Comparación |
|-----------------|--|---|---|
| | | | Cuenca y así tomar las acciones necesarias. |
| Demografía | La situación de pobreza y desigualdad que se concentra alrededor de la Cuenca Hidrográfica del Canal del Dique, repercute negativamente en el cuidado los recursos | Con las leyes implementadas a través de los años, la población aun que ha aumentado esta se concentra más en la parte urbana de panamá y el contacto directo con la cuenca no tiene influencia relevante en esta. | En Colombia, el crecimiento de la población en estado de vulnerabilidad crece a medida que pasa el tiempo, no se ha encontrado una solución de natalidad para sectores críticos como lo son algunas zonas que se encuentran ubicadas cerca de la Cuenca, en la Cuenca del Canal de Panamá, por medio de las leyes implementadas hace que las zonas cerca de la cuenca en su mayoría estén protegidas, por lo cual este aspecto no genera una problema para el país. |
| Ambiente | Colombia tiene leyes y | este es un factor | El cuidado del recurso en |

| | | |
|--|-------------------------|---|
|  UNIVERSIDAD CATÓLICA de Colombia FACULTAD DE INGENIERÍA PROGRAMA DE INGENIERÍA CIVIL | TRABAJO DE GRADO | FECHA: Octubre de 2018 VERSIÓN 2 |
|--|-------------------------|---|

Tabla 2. Comparación entre las Cuencas Hidrográficas del Canal de Dique y el Canal de Panamá.

| Elemento | Cuenca del Canal del dique | Cuenca del Canal de Panamá | Comparación |
|-----------------|---|--|--|
| | decretos que velan por el cuidado de los recursos, se han realizado estudios para encontrar la solución a la sedimentación, pero ninguno ha encontrado una solución definitiva, en el 2017 el gobierno aprobó un presupuesto de 1.02 billones de pesos para ejecutar obras que controlen los problemas que la Cuenca y el Canal contienen | muy importante ya que la navegación por el Canal de Panamá depende del estado de la cuenca, tienen leyes que protegen además de procesos que ayudan a que el ciclo del agua no sea tan traumático para el medio ambiente | Panamá juega un papel muy importante en su economía, por lo tanto tienen una ventaja bastante grande a Colombia en los procesos de cuidado del recurso Hídrico |

Fuente: Autor


| | | |
|--|-------------------------|---|
|  UNIVERSIDAD CATÓLICA de Colombia FACULTAD DE INGENIERÍA PROGRAMA DE INGENIERÍA CIVIL | TRABAJO DE GRADO | FECHA: Octubre de 2018 VERSIÓN 2 |
|--|-------------------------|---|

3. CONCLUSIONES

- El cuidado de los recursos hídricos es fundamental para cualquier país, conociendo ya las respectivas características de las cuencas de estudio se concluyó que en Colombia aunque existen normas que protegen el recurso hídrico y todos los componentes que este contiene, no se llevan a cabo y por el contrario el crecimiento de la población como se muestra en el documento, genera nuevos problemas de sobreexplotación en la cuenca, por esta razón además de la inversión que se tiene estimada para mejorar las condiciones de la cuenca y del canal del Dique, la solución también encuentra en la capacitación y participación de las poblaciones que viven y hacen uso de los recursos para que de esta forma el cuidado de la cuenca empiece desde los que hacen uso directo de ella y así mejorar la condición de vida.
- Se concluye que en las cuencas que llevan al Canal del Dique, se monitorean y se evalúan, sin embargo estas medidas no son suficientes ya que hasta la actualidad los procesos de contaminación son muy relevantes para el daño del recurso hídrico, a comparación de los procesos de monitoreo con los que cuenta actualmente la Cuenca del Canal de Panamá que mensualmente realizan procesos donde revisan la situación en la que se encuentra la Cuenca y de esta forma emplean una solución eficaz, para el problema que presente según la época del año.
- La CHCP, cuenta con diferentes planes para garantizar la sostenibilidad de esta, ya que gracias a la Cuenca el país satisface las demandas económicas que hacen que el país tenga una de las mejores económicas de América Latina, a diferencia de la Cuenca Hidrográfica del Canal de Dique, la cual también satisface la demanda a la que es sometida pero aunque cuenta con estudios y proyectos para la sostenibilidad de esta, ninguno se ha llevado a cabo.


| | | |
|--|-------------------------|---|
|  UNIVERSIDAD CATÓLICA de Colombia FACULTAD DE INGENIERÍA PROGRAMA DE INGENIERÍA CIVIL | TRABAJO DE GRADO | FECHA: Octubre de 2018 VERSIÓN 2 |
|--|-------------------------|---|

- Se puede observar que las condiciones sedimentológicas del Canal del Dique sobre el río Magdalena más específicamente en Calamar y en la Bahía de Cartagena son un grave problema para los ecosistemas que viven en estos sectores de la Cuenca, se han implementado soluciones que no han suficientes ya que se ha conocido el problema generado por los sedimentos en la destrucción de los corales, el gobierno en 2017 estimo un presupuesto de 1.02 billones de pesos para, que no se repitan desastres como los que sufrió Colombia en el 2010, sin embargo es algo necesario que se debe implementar de manera rápida y constante para el cuidado del medio ambiente y del recurso hídrico, así como sucede en Panamá que mensualmente en sus diferentes estaciones hidroeléctricas lleva un proceso de inspección de sedimentos.
- La CHCP y el Canal de Panamá, cuentan con una ubicación privilegiada la cual le permite al País generar grandes ingresos para el cuidado del su recurso más importante que es el agua, ya que sin este los procesos del Canal podrían no funcionar colapsando así su mayor ingreso, Colombia cuenta con un área de cuenca mayor, no cuenta con un plan de manejo de los recursos que ofrece la cuenca, esto se ve en los índices de pobreza y desigualdad en que viven los que habitan cerca de esta zona.


| | | |
|--|-------------------------|---|
|  UNIVERSIDAD CATÓLICA de Colombia FACULTAD DE INGENIERÍA PROGRAMA DE INGENIERÍA CIVIL | TRABAJO DE GRADO | FECHA: Octubre de 2018 VERSIÓN 2 |
|--|-------------------------|---|

4. BIBLIOGRAFIA

1. wordpress.com (2010), *“Importancia de la Hidrología: ¿Que es la Hidrología? La importancia del recurso hídrico en un esquema general”*.
<<https://pabelbastista.files.wordpress.com/2011/08/importancia-de-la-hidroloc3ada1.pdf>>
2. Cristian Barreto huayascachi (2011), *“Cuencas Hidrográficas: Trabajo argumentativo sobre lo que es una cuenca Hidrográfica y sus funciones”*.
<<http://www.monografias.com/trabajos96/cuencas-hidrograficas/cuencas-hidrograficas.shtml>>
3. Figueroa K., Garzón F., Iglesias L., Peña M., Salazar K. (2015), *“Plan de Ordenamiento y Manejo de la Cuenca Hidrográfica del Río Magdalena: Contiene los aspectos técnico-científicos, en el que han definido y desarrollado una serie de etapas de proceso a partir de la información obtenida y analizada entre las jurisdicciones de autoridades ambientales”*.
<https://www.researchgate.net/publication/312938651_PLAN_DE_ORDENAMIENTO_Y_MANEJO_DE_LA_CUENCA_HIDROGRAFICA_DEL_RIO_MAGDALENA>
4. UAC_Magdalena_CRA-POMCA (2016), *“Canal del Dique Tipo de Cobertura y uso”*
<<http://geonodesiam.invemar.org.co/documents/3235>>
5. Álvaro Viloirá Romero (2006). *“Canal de Dique, Una prioridad Nacional”*
<<http://www.semana.com/on-line/articulo/canal-del-dique-prioridad-nacional/79261-3>>
6. Programa cooperativo interinstitucional para el ordenamiento, manejo y administración de la cuenca hidrográfica del complejo de humedales del canal del Dique (2007), *“Plan de Ordenamiento y Manejo de las Cuencas”* Hidrograficas:<<http://www.crautonomia.gov.co/institucional/plan-de-accion/pomcas>>
7. Carlos E. Rubio Gómez ONU HABITAD – Colombia CEDETEC. (2010), *“Gestión Ambiental del Riesgo por Inundación”*
<http://fundacionpromotoradelcanaldeldique.org/herramientas/Gestion_Ambiental_Del_Riesgo_por_Inundacion.pdf>

| | | |
|--|-------------------------|---|
|  UNIVERSIDAD CATÓLICA de Colombia FACULTAD DE INGENIERÍA PROGRAMA DE INGENIERÍA CIVIL | TRABAJO DE GRADO | FECHA: Octubre de 2018 VERSIÓN 2 |
|--|-------------------------|---|

8. Chich.org (2012), "La cuenca Hidrografica del canal de Panamá", <<http://www.cich.org/publicaciones/01.html>>
9. Aquiles David Arévalo (2012), "estudio de las cuencas Hidrográficas como Base para la Gestión de los Recursos Hidricos" <<https://es.scribd.com/document/258767061/Estudio-Hidrologico-de-las-Cuencas-Hidrograficas-como-base-para-la-Gestion-de-los-Recursos-Hidricos>>
10. Jaime Iván Ordóñez, Carlos Eduardo Cubillos, Peña, Gabriela Forero "Balance Hídrico y Sedimentológico del canal del Dique y sus Efectos sobre la Sedimentación de la Bahía de Cartagena" <http://irh-fce.unse.edu.ar/Rios2007/index_archivos/C/6.pdf>
11. Dirección de medio Ambiente (2013), "El Canal del Dique: Una amenaza para la Biodiversidad: Artículo del 20º3 por el Portal Semana Sostenible". <<http://sostenibilidad.semana.com/medio-ambiente/articulo/canal-del-dique/29787>>
12. Sanuja Senanayake (2013), IMPORTANCE OF HYDROLOGY: Recently the sciences behind resouce management also hace come under the microscope as a result os exponential population growth. <<http://sanuja.com/blog/importance-of-hydrology>>
13. Subhash Bayireddy, M.S. Civil Engineering & Water Resources Engineering, University of Dayton (2017), What is the importance of Hydrology in Civil Engineering?:<<https://www.quora.com/What-is-the-importance-of-hydrology-in-civil-engineering>>
14. Newcastle University (2017), "Hydrology and Climate Change MSc" <<http://www.ncl.ac.uk/postgraduate/courses/degrees/hydrology-climate-change-msc/#profile>>
15. The National Academies Press (1997), "Ground Water Recorses: Hydrology, Ecology, and Economics" <<https://www.nap.edu/read/5498/chapter/4>>
16. CORMAGDALENA (2017), Corporación Autónoma Regional del río grande de la Magdalena <http://www.minambiente.gov.co/images/4._Calidad_Ambiental_Cuenca_M-C_CORMAGDALENA.pdf>

| | | |
|--|-------------------------|---|
|  UNIVERSIDAD CATÓLICA de Colombia FACULTAD DE INGENIERÍA PROGRAMA DE INGENIERÍA CIVIL | TRABAJO DE GRADO | FECHA: Octubre de 2018 VERSIÓN 2 |
|--|-------------------------|---|

17. Dirección de medio ambiente (2013), *“Canal del Dique a Prueba del Cambio Climático”* <<https://www.elespectador.com/noticias/medio-ambiente/canal-del-dique-prueba-del-cambio-climatico-articulo-439581>>

18. Corporación Autónoma Regional del Atlántico (2012). *“Síntesis Ambiental: Plan de acción 2012 – 2015”*

<http://www.crautonomia.gov.co/documentos/Planes/2013/4%20Síntesis%20Ambienta.pdf>>

19. Invermar (2010), *“Ecosistemas Acuáticos del departamento del Atlántico”*:
<http://cinto.invermar.org.co/alfresco/d/d/workspace/SpacesStore/10217db5-a414-4b60-aee3-c47dd8d3c614/Ecosistemas%20acu%C3%A1ticos%20del%20departamento%20del%20Atl%C3%A1ntico?ticket=TICKET_b5269aced7d7cac1d69fb4ae506ac62b7c2ad1c2>


20. Impacto de la Sedimentación en los Corales de Islas del Rosario y San Bernardo, Colombia: <ojs.tdea.edu.co/index.php/cuadernoactiva/article/download/224/212/>

21. Plan de Desarrollo Sostenible y Gestión Integrada de los Recursos Hídricos de la Cuenca Hidrográfica del Canal de Panamá


22. <http://www.cich.org/Publicaciones/01/2009-Plan-DSGIRH.pdf>

23. María M. Aguilera Díaz (2006). “El canal del dique y su subregión: una economía basada en la riqueza hídrica”


24. [http://www.banrep.gov.co/docum/Lectura_finanzas/pdf/DTSER-72_\(VE\).pdf](http://www.banrep.gov.co/docum/Lectura_finanzas/pdf/DTSER-72_(VE).pdf)

| | | |
|--|-------------------------|---|
|  UNIVERSIDAD CATÓLICA de Colombia FACULTAD DE INGENIERÍA PROGRAMA DE INGENIERÍA CIVIL | TRABAJO DE GRADO | FECHA: Octubre de 2018 VERSIÓN 2 |
|--|-------------------------|---|

- 25.** Asamblea Legislativa. Ley No. 19
- 26.** [http://www.miambiente.gob.pa/images/stories/documentos la villa/Ley 44 de 5 de agosto de 2002.pdf](http://www.miambiente.gob.pa/images/stories/documentos%20la%20villa/Ley%2044%20de%205%20de%20agosto%20de%202002.pdf)
- 27.** <http://www.ideam.gov.co>
- 28.** Global Water Partnership. Situación de los recursos Hídricos en Centro américa
- 29.** VARGAS, Carlos. 1997. Informe Final del Taller sobre Evaluación e Implementación de las Iniciativas sobre Recursos Hídricos y Áreas Costeras en la Región Ciudad de Panamá en: Gestión Integrada de Recursos Hídricos en Mesoamérica - Integrated Water Resources Management in Mesoamérica OEA
- 30.** Arzabal, Marga. ¿Cómo funciona el Canal de Panamá?
- 31.** Cich. Informe del Estado Ambiental de la Cuenca Hidrográfica del Canal de Panamá.
- 32.** Laguna Caucedo, Diana Argelia. Calidad de Agua en la Cuenca del Canal de Panamá
- 33.** Pancanal. Panamá Canal Authority
- 34.** Luisa Suarez, Yuly Grajales. Infraestructura De Puertos Y Canal De Panamá Como Aporte A La Competitividad Del Comercio Exterior De Panamá. 2015
- 35.** Laguna Caucedo, Diana Argelia. Calidad de Agua en la Cuenca del Canal de Panamá
- 36.** Pancanal. Anuario de Sedimentos Suspendidos. 2010
- 37.** Eustorgio Nuñez, Ricardo Shirota. Valoración económica del servicio ambiental de reducción de sedimentos de los bosques de la cuenca hidrográfica del Canal de Panamá. 2010
- 38.** Universidad de Panamá. Alfonso Pino, Jorge Espinosa, DATOS METEOROLÓGICOS EN LA CUENCA DEL CANAL DE PANAMÁ DURANTE EL SIGLO XIX Y SU APLICABILIDAD A LA VARIABILIDAD CLIMÁTICA Y AL CAMBIO CLIMÁTICO

| | | |
|--|-------------------------|---|
|  UNIVERSIDAD CATÓLICA de Colombia FACULTAD DE INGENIERÍA PROGRAMA DE INGENIERÍA CIVIL | TRABAJO DE GRADO | FECHA: Octubre de 2018 VERSIÓN 2 |
|--|-------------------------|---|

39. Edilma Estelí Campos, La Cuenca Hidrográfica Del Canal De Panamá Y Su Preservación. 2016
40. Pancanal. Administrar el Agua es crucial para el Canal. 2003
41. Situación de los Recursos hídricos en Centro América. 2015
42. Edilma Estelí Campos, La Cuenca Hidrográfica Del Canal De Panamá Y Su Preservación. 2016
43. Corporación Regional del Atlántico Plan de Acción Cuatrienal. 2016
44. Banco de la República. Aguilera Díaz, María M. Una Economía Basada en la Riqueza Hídrica
45. Valderrama B, Mauricio. La pesca en la cuenca Magdalena- Cauca
46. DANE
47. Rodríguez, Manuel. Riesgos Sociales, Económicos y Ambientales del Proyecto de Navegabilidad. 2010
48. El Tiempo
49. Mogollón Vélez, José Vicente. Las arenas del Magdalena y las Playas que dependen de ellas
50. Jaime Ordoñez, Carlos Cubillos, Gabriela Forero. Balance Hidrológico y Sedimentológico del Canal del Dique y sus Efectos sobre la Sedimentación en la Bahía de Cartagena
51. CORMAGDALENA. Atlas Cuenca del Río Magdalena Versión Final. 2010

| | | |
|--|-------------------------|---|
|  UNIVERSIDAD CATÓLICA de Colombia FACULTAD DE INGENIERÍA PROGRAMA DE INGENIERÍA CIVIL | TRABAJO DE GRADO | FECHA: Octubre de 2018 VERSIÓN 2 |
|--|-------------------------|---|

Angie Tatiana Wilches Castiblanco

Código: 504807

Ing. Jesús Ernesto Torres

Asesor de trabajo de grado